

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-163849

(43)Date of publication of application : 10.06.2004

(51)Int.Cl.

G02B 13/00

G02B 13/18

(21)Application number : 2003-022180

(71)Applicant : MINOLTA CO LTD

(22)Date of filing : 30.01.2003

(72)Inventor : ISONO MASAFUMI

(30)Priority

Priority number : 2002220692
2002272939Priority date : 30.07.2002
19.09.2002

Priority country : JP

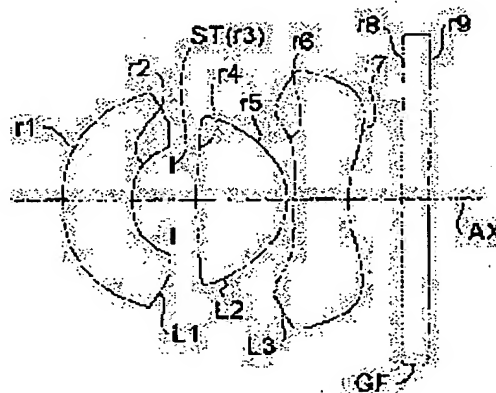
JP

(54) IMAGING LENS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an imaging lens for a solid-state imaging device having excellent optical performance and made inexpensive and compact.

SOLUTION: The imaging lens for forming an image on a solid-state imaging device is constituted of three lenses. The imaging lens is constituted of a first lens (L1) having weak power, an aperture diaphragm (ST), a second positive lens (L2) and a third negative lens (L3) whose concave surface faces to an image side in order from an object side. Furthermore, the imaging lens satisfies conditional expressions: $|f/f_1| < 0.6$ and $-2.2 < f/f_3 < -0.79$ [f : the focal distance of an entire system, f_1 : the focal distance of the first lens (L1) and f_3 : the focal distance of the third lens (L3)].



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

30.01.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]

Image pick-up lens which is an image pick-up lens of the three lens configuration which forms an image in a solid state image sensor, consists of the 1st weak lens of power, an aperture diaphragm, the 2nd forward lens, and the 3rd negative lens that turned the concave surface to the image side sequentially from a body side, and is characterized by following to be the conditional expression (A0) and (A1) being satisfied;

$$|f/f_1| < 0.6 \quad \text{-- (A0)}$$

$$-2.2 < f/f_3 < -0.79 \quad \text{-- (A1)}$$

It corrects,

f: The focal distance of the whole system,

f₁: The focal distance of the 1st lens,

f₃: The focal distance of the 3rd lens,

It comes out.

[Claim 2]

Image pick-up lens which is an image pick-up lens of the three lens configuration which forms an image in a solid state image sensor, and is characterized by consisting of the 1st forward lens, an aperture diaphragm, the 2nd forward lens, and the 3rd negative lens, and satisfying the following conditional expression (A2) sequentially from a body side;

$$-2.6 < f_3/f_1 < -0.15 \quad \text{-- (A2)}$$

It corrects,

f₃: The focal distance of the 3rd lens,

f₁: The focal distance of the 1st lens,

It comes out.

[Claim 3]

Image pick-up lens which is an image pick-up lens of the three lens configuration which forms an image in a solid state image sensor, and is characterized by consisting of the 1st forward lens, an aperture diaphragm, the 2nd lens of the forward meniscus configuration of *****, and the 3rd lens of the negative meniscus configuration of *****, and satisfying the following conditional expression (A3) sequentially from a body side;

$$0.05 < T6/f < 0.5 \quad \text{-- (A3)}$$

It corrects,

T6: Shaft top lens thickness of the 3rd lens,

f: The focal distance of the whole system,

It comes out.

[Claim 4]

Image pick-up lens which is an image pick-up lens of the three lens configuration which forms an image in a solid state image sensor, and is characterized by consisting of the 1st forward lens, an aperture diaphragm, the 2nd forward lens, and the 3rd forward lens, and satisfying the following conditional expression (B1) sequentially from a body side;

$$0.2 < f/f_3 < 0.4 \quad \text{-- (B1)}$$

It corrects,

f: The focal distance of the whole system,

f₃: The focal distance of the 3rd lens,

It comes out.

[Claim 5]

Image pick-up lens which is an image pick-up lens of the three lens configuration which forms an image in a solid state image sensor, and is characterized by consisting of the forward MENISU currant of a body side convex, an aperture diaphragm, a positive lens of *****, and a forward meniscus lens of *****, and satisfying the following conditional expression (B3) sequentially from a body side;

$$0.05 < T6/f < 0.4 \quad \text{-- (B3)}$$

It corrects,

T6: Shaft top lens thickness of the 3rd lens,

f: The focal distance of the whole system,

It comes out.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]

This invention relates to the small image pick-up lens suitable for the digital input devices (a digital still camera, digital camcorder, etc.) which incorporate the image of a photographic subject with a solid state image sensor in more detail about an image pick-up lens.

[0002]

[Description of the Prior Art]

In recent years, a digital still camera, a digital camcorder, etc. which can incorporate image information to a digital instrument easily are spreading by the individual user level with the spread of personal computers etc. (only henceforth a "digital camera"). It is expected that such a digital camera continues to spread increasingly as an input device of image information.

[0003]

Moreover, the miniaturization of solid state image sensors, such as CCD (Charge Coupled Device) carried in a digital camera, is progressing, and the digital camera is also asked for much more miniaturization in connection with it. For this reason, miniaturization is strongly requested also from the image pick-up lens which occupies the greatest volume in a digital input device. Although the easiest approach makes size of a solid state image sensor small for miniaturizing an image pick-up lens, it is necessary to make size of a photo detector small for that purpose, and while the manufacture difficulty of a solid state image sensor goes up, the engine performance required of an image pick-up lens also becomes high.

[0004]

On the other hand, if the size of a solid state image sensor is left as it is and size of an image pick-up lens is made small, an exit pupil location will approach the image surface inevitably. If an exit pupil location approaches the image surface, in order that the axial outdoor daylight bundle injected from the image pick-up lens may carry out incidence aslant to the image surface, the condensing engine performance of the micro lens prepared in the front face of a solid state image sensor will not fully be demonstrated, but the problem that the brightness of an image changes extremely by the image center section and the image periphery will arise. If it is going to detach the exit pupil location

of an image pick-up lens in the distance in order to solve this problem, enlargement of the whole image pick-up lens will never no longer be avoided.

[0005]

Furthermore, the request of low-cost-izing is becoming strong also at an image pick-up lens for a low-pricing competition in recent years. The image pick-up lens of a three lens configuration is proposed by the patent reference 1-3 to the above requests.

[0006]

[Patent reference 1]

JP,2001-272598,A

[Patent reference 2]

JP,2002-698889,A

[Patent reference 3]

JP,11-52227,A

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]

To the focal distance, an overall length is about about 3 times, and the image pick-up lens of the three lens configuration currently indicated by the patent reference 1 is not compact. Although an overall length is as compact as about about 2 times, since no less than two sheets are using the glass lens to a focal distance, the image pick-up lens currently indicated by the patent reference 2 is not low cost. To the focal distance, an overall length is about about 2.5 times, and the image pick-up lens currently indicated by the patent reference 3 is not compact. Moreover, a field angle is about 40 degrees and a field angle is inadequate for using it as an image pick-up lens.

[0008]

This invention is made in view of such a situation, and it aims at optical-character ability offering the image pick-up lens being good and for low cost and compact solid state image sensors.

[0009]

[Means for Solving the Problem]

In order to attain the above-mentioned purpose, the image pick-up lens of the 1st invention is an image pick-up lens of the three lens configuration which forms an image in a solid state image sensor, consists of the 1st weak lens of power, an aperture diaphragm, the 2nd forward lens, and the 3rd negative lens that turned the concave surface to the image side sequentially from a body side, and is characterized by following to be the conditional expression (A0) and (A1) being satisfied.

$|f/f1| < 0.6 \cdots (A0)$

$$-2.2 < f/f_3 < -0.79 \quad \text{-- (A1)}$$

It corrects,

f: The focal distance of the whole system,

f₁: The focal distance of the 1st lens,

f₃: The focal distance of the 3rd lens,

It comes out.

[0010]

The image pick-up lens of the 2nd invention is an image pick-up lens of the three lens configuration which forms an image in a solid state image sensor, sequentially from a body side, consists of the 1st forward lens, an aperture diaphragm, the 2nd forward lens, and the 3rd negative lens, and is characterized by satisfying the following conditional expression (A2).

$$-2.6 < f_3/f_1 < -0.15 \quad \text{-- (A2)}$$

It corrects,

f₃: The focal distance of the 3rd lens,

f₁: The focal distance of the 1st lens,

It comes out.

[0011]

The image pick-up lens of the 3rd invention is an image pick-up lens of the three lens configuration which forms an image in a solid state image sensor, sequentially from a body side, consists of the 1st forward lens, an aperture diaphragm, the 2nd lens of the forward meniscus configuration of *****, and the 3rd lens of the negative meniscus configuration of *****, and is characterized by satisfying the following conditional expression (A3).

$$0.05 < T_6/f < 0.5 \quad \text{-- (A3)}$$

It corrects,

T₆: Shaft top lens thickness of the 3rd lens,

f: The focal distance of the whole system,

It comes out.

[0012]

The image pick-up lens of the 4th invention is an image pick-up lens of the three lens configuration which forms an image in a solid state image sensor, sequentially from a body side, consists of the 1st forward lens, an aperture diaphragm, the 2nd forward lens, and the 3rd forward lens, and is characterized by satisfying the following conditional expression (B1).

$$0.2 < f/f_3 < 0.4 \quad \text{-- (B1)}$$

It corrects,

f: The focal distance of the whole system,

f3: The focal distance of the 3rd lens,

It comes out.

[0013]

The image pick-up lens of the 5th invention is an image pick-up lens of the three lens configuration which forms an image in a solid state image sensor, sequentially from a body side, consists of the forward MENISU currant of a body side convex, an aperture diaphragm, a positive lens of *****, and a forward meniscus lens of *****, and is characterized by satisfying the following conditional expression (B3).

$$0.05 < T6/f < 0.4 \quad \text{-- (B3)}$$

It corrects,

T6: Shaft top lens thickness of the 3rd lens,

f: The focal distance of the whole system,

It comes out.

[0014]

[Embodiment of the Invention]

Hereafter, the gestalt of operation of the image pick-up lens concerning this invention is explained, referring to a drawing. An optical cross section shows the lens configuration of the gestalt of the 1st - the 12th operation to drawing 1 - drawing 12 R> 2, respectively. All, the image pick-up lens of the gestalt of each operation is a single focal lens for an image pick-up (for example, for digital cameras) which forms an optical image to a solid state image sensor (for example, CCD), and has three lens composition of the 1st lens (L1), an aperture diaphragm (ST), the 2nd lens (L2), and the 3rd lens (L3) from the body side at order. Each of three lenses (L1-L3) is plastic lenses, and each lens side (r1, r2, r4-r7) is the aspheric surface. Moreover, the glass filter (GF) of the shape of a plane-parallel plate equivalent to an optical low pass filter etc. is arranged at the image side of the 3rd lens (L3).

[0015]

The optical configuration of the gestalt (drawing 1 - drawing 5) of the 1st - the 5th operation Sequentially from a body side, the 1st weak negative or forward lens (L1) of power (amount defined by the inverse number of a focal distance), An aperture diaphragm (ST), the 2nd forward lens (L2), and the 3rd negative lens (L3), It consists of the glass filter (GF). The optical configuration of the gestalt (drawing 6 - drawing 8) of the 6th - the 8th operation Sequentially from a body side, the 1st forward lens (L1) and an aperture diaphragm (ST), It consists of the 2nd forward lens (L2), the 3rd negative

lens (L3), and a glass filter (GF). The optical configuration of the gestalt (drawing 9 - drawing 12) of the 9th - the 12th operation Sequentially from the body side, it consists of the 1st forward lens (L1), an aperture diaphragm (ST) and the 2nd forward lens (L2), the 3rd forward lens (L3), and a glass filter (GF). Then, the 1st - forward and the three negative lens configuration which have been adopted with the gestalt of the 8th operation (negative or forward) are considered as the lens type A, and the description of the gestalt of each operation is explained below by considering the 9th - forward, forward and the three positive lens configuration which have been adopted with the gestalt of the 12th operation as the lens type B.

[0016]

<Lens type A- (negative or forward), forward, and a negative>

With the gestalt (drawing 1 - drawing 3) of the 1-3rd operations, the 1st lens (L1) has the negative meniscus configuration where the power which turned the convex to the body side is weak, the 2nd lens (L2) has both the forward convex configuration, and it has the negative meniscus configuration where the 3rd lens (L3) turned the concave surface to the image side. Thus, the 1st lens (L1) which consists of the weak negative meniscus lens of power sequentially from a body side, An aperture diaphragm (ST) and the 2nd lens (L2) which consists of the positive lens of both convexes, it is desirable the 3rd lens (L3) which changes from the negative meniscus lens of concave to an image side, and that come out and power arrangement constitutes negative, forward, and the negative lens type A, when making the optical-character ability, cost, and compactability of an image pick-up lens balance good.

[0017]

With the gestalt (drawing 4 , drawing 5) of the 4th and the 5th operation, it has forward power with the 1st weak lens (L1), has the forward meniscus configuration where the 2nd lens (L2) turned the convex to the image side, and has the negative meniscus configuration where the 3rd lens (L3) turned the concave surface to the image side. Thus, the 1st lens (L1) which consists of the positive lens of weak power sequentially from a body side, An aperture diaphragm (ST) and the 2nd lens (L2) which changes from the positive meniscus lens of a convex to an image side, it is desirable the 3rd lens (L3) which changes from the negative meniscus lens of concave to an image side, and that come out and power arrangement constitutes forward, forward, and the negative lens type A, when making the optical-character ability, cost, and compactability of an image pick-up lens balance good.

[0018]

With the gestalt (drawing 6 - drawing 8) of the 6th - the 8th operation, the 1st lens (L1)

has forward power, and it has the forward meniscus configuration where the 2nd lens (L2) turned the convex to the image side, and has the negative meniscus configuration where the 3rd lens (L3) turned the concave surface to the image side. Thus, the 1st lens (L1) which consists of a positive lens sequentially from a body side, An aperture diaphragm (ST) and the 2nd lens (L2) which changes from the positive meniscus lens of a convex to an image side, it is desirable the 3rd lens (L3) which changes from the negative meniscus lens of concave to an image side, and that come out and power arrangement constitutes forward, forward, and the negative lens type A, when making the optical-character ability, cost, and compactability of an image pick-up lens balance good.

[0019]

In a lens type A image pick-up lens, conditional expression with desirable filling is explained below. However, if it is necessary to fill to coincidence no conditional expression explained below and each conditional expression is independently satisfied according to an optical configuration, respectively, it is possible to attain operation and effectiveness of corresponding. Of course, it cannot be overemphasized that it is more more desirable from viewpoints, such as optical-character ability, a miniaturization, and assembly, to satisfy two or more conditional expression.

[0020]

Although it has power with the 1st weak lens (L1) with the gestalt of the 1st - the 5th operation, as for the power, it is desirable that it is what satisfies the following conditional expression (A0).

$$|f/f_1| < 0.6 \quad \text{-- (A0)}$$

It corrects,

f: The focal distance of the whole system,

f₁: The focal distance of the 1st lens (L1),

It comes out.

[0021]

Conditional expression (A0) has specified the condition range for mainly decreasing the performance degradation accompanying a manufacture error about the 1st weak lens (L1) of power. If it separates from the range of conditional expression (A0), the power of the 1st lens (L1) will become strong too much, each aberration generated with the 1st lens (L1) as a result will become large, the aberration amendment burden after the 2nd lens (L2) will become large, and the performance degradation accompanying a manufacture error will become intense.

[0022]

It is desirable to satisfy the following conditional expression (A1) about the 3rd lens (L3), and it is still more desirable that it is satisfied with said conditional expression (A0).

$$-2.2 < f/f_3 < -0.79 \quad \text{-- (A1)}$$

It corrects,

f: The focal distance of the whole system,

f_3 : The focal distance of the 3rd lens (L3),

It comes out.

[0023]

Conditional expression (A1) has specified the condition range for making comatic aberration mainly balance about the 3rd lens (L3). If the minimum of conditional expression (A1) is exceeded, comatic aberration will get worse and the bad influence to the chromatic aberration of magnification will become large. On the contrary, if the upper limit of conditional expression (A1) is exceeded, comatic aberration will get worse and the bad influence to astigmatism will become large.

[0024]

It is desirable for power arrangement to be satisfied with forward, forward, and the negative lens type A of the following conditional expression (A2) about the 1st and 3rd lens (L1, L3) like the gestalt of the 4th - the 8th operation, it is desirable to satisfy the following conditional expression (A2a) especially, and it is still more desirable to satisfy conditional expression (A2b).

$$-2.6 < f_3/f_1 < -0.15 \quad \text{-- (A2)}$$

$$-1.1 < f_3/f_1 < -0.15 \quad \text{-- (A2a)}$$

$$-0.35 < f_3/f_1 < -0.15 \quad \text{-- (A2b)}$$

It corrects,

f_3 : The focal distance of the 3rd lens (L3),

f_1 : The focal distance of the 1st lens (L1),

It comes out.

[0025]

Conditional expression (A2), (A2a), and (A2b) have specified the condition range for making an overall length and aberration mainly balance. Although it will become advantageous to aberration amendment if the upper limit of conditional expression (A2) is exceeded, increase of an overall length will be caused. On the contrary, although it will become advantageous to overall-length compaction if the minimum of conditional expression (A2) is exceeded, aberration degradation (it is degradation of distortion aberration and a curvature of field especially) becomes remarkable.

[0026]

Moreover, it is desirable to satisfy the following conditional expression (A3) about the 3rd lens (L3), and it is still more desirable to satisfy the following conditional expression (A3a) especially. Moreover, it is still more desirable that it is satisfied with at least one of said conditional expression (A0), (A1), (A2), (A2a), and (A2bs). Like the gestalt of the 4th - the 8th operation, while power arrangement has the meniscus configuration of ***** forward in the 2nd lens (L2) by forward, forward, and the negative lens type A and the 3rd lens (L3) has the negative meniscus configuration of ***** , it is desirable to satisfy the following conditional expression (A3), and it is still more desirable to satisfy the following conditional expression (A3a) especially.

$$0.05 < T6/f < 0.5 \text{ -- (A3)}$$

$$0.05 < T6/f < 0.4 \text{ -- (A3a)}$$

It corrects,

T6: Shaft top lens thickness of the 3rd lens (L3),

f: The focal distance of the whole system,

It comes out.

[0027]

Conditional expression (A3) and (A3a) have specified the condition range for making the manufacturability of the chromatic aberration of magnification and a lens mainly balance about the 3rd lens (L3). If the upper limit of conditional expression (A3) is exceeded, it will become difficult to amend the chromatic aberration of magnification good. On the contrary, if the minimum of conditional expression (A3) is exceeded, the thickness of a lens will be too thin and manufacture will become difficult.

[0028]

<Lens type B-- forward, forward, and the forward>

With the gestalt (drawing 9 - drawing 12) of the 9th - the 12th operation, the 1st lens (L1) has the forward meniscus configuration where the convex was turned to the body side, and it has the forward meniscus configuration where the 2nd lens (L2) turned the convex to the image side, and has the forward meniscus configuration where the 3rd lens (L3) turned the convex to the image side. thus, it is desirable to come out sequentially from a body side with the 1st lens (L1) which changes from the positive meniscus lens of a convex to a body side, an aperture diaphragm (ST) and the 2nd lens (L2) which changes from the positive lens of a convex to an image side, and the 3rd lens (L3) which changes from the positive meniscus lens of a convex to an image side, and to constitute the lens type B, when making the optical-character ability, cost, and compactability of an image pick-up lens balance good.

[0029]

In a lens type B image pick-up lens, conditional expression with desirable filling is explained below. However, if it is necessary to fill to coincidence no conditional expression explained below and each conditional expression is independently satisfied according to an optical configuration, respectively, it is possible to attain operation and effectiveness of corresponding. Of course, it cannot be overemphasized that it is more more desirable from viewpoints, such as optical-character ability, a miniaturization, and assembly, to satisfy two or more conditional expression.

[0030]

It is desirable to satisfy the following conditional expression (B1) about the 3rd lens (L3).

$$0.2 < f/f_3 < 0.4 \quad \text{-- (B1)}$$

It corrects,

f: The focal distance of the whole system,

f₃: The focal distance of the 3rd lens (L3),

It comes out.

[0031]

Conditional expression (B1) has specified the condition range for making comatic aberration mainly balance about the 3rd lens (L3). If the minimum of conditional expression (B1) is exceeded, comatic aberration will get worse and the bad influence to the chromatic aberration of magnification will become large. On the contrary, if the upper limit of conditional expression (B1) is exceeded, comatic aberration will get worse and the bad influence to astigmatism will become large.

[0032]

It is desirable to satisfy the following conditional expression (B-2) about the 1st and 3rd lens (L1, L3).

$$0.5 < f_3/f_1 < 2.6 \quad \text{-- (B-2)}$$

It corrects,

f₃: The focal distance of the 3rd lens (L3),

f₁: The focal distance of the 1st lens (L1),

It comes out.

[0033]

Conditional expression (B-2) has specified the condition range for making an overall length and aberration mainly balance. Although it will become advantageous to aberration amendment if the upper limit of conditional expression (B-2) is exceeded, increase of an overall length will be caused. On the contrary, although it will become advantageous to overall-length compaction if the minimum of conditional expression (B-2) is exceeded, aberration degradation (it is degradation of distortion aberration and

a curvature of field especially) becomes remarkable.

[0034]

Moreover, it is desirable to satisfy the following conditional expression (B3) about the 3rd lens (L3). In the three lens configuration of the lens type B with which the 1st lens (L1) consists of the forward MENISU currant of a body side convex, the 2nd lens (L2) consists of the positive lens of *****, and the 3rd lens (L3) consists of the forward meniscus lens of ***** It is still more desirable to satisfy the following conditional expression (B3).

$$0.05 < T6/f < 0.4 \quad \text{-- (B3)}$$

It corrects,

T6: Shaft top lens thickness of the 3rd lens (L3),

f: The focal distance of the whole system,

It comes out.

[0035]

Conditional expression (B3) has specified the condition range for making the manufacturability of the chromatic aberration of magnification and a lens mainly balance about the 3rd lens (L3). If the upper limit of conditional expression (B3) is exceeded, it will become difficult to amend the chromatic aberration of magnification good. On the contrary, if the minimum of conditional expression (B3) is exceeded, the thickness of a lens will be too thin and manufacture will become difficult.

[0036]

<A desirable configuration common to the lens types A and B>

As stated previously, each the 1st - the 3rd lens (L1-L3) which are used for the gestalt of the 1st - the 12th operation are a plastic lens, and each lens side (r1, r2, r4-r7) is the aspheric surface. Thus, it is desirable to constitute all lenses (L1-L3) from a plastic lens, and it is desirable to constitute the 1st [at least] page of all lenses (L1-L3) from the aspheric surface. It is effective to constitute all lenses (L1-L3) from a plastic lens, when attaining low cost-ization of an image pick-up lens, and using the 1st [at least] page of the aspheric surface for each lens (L1-L3) has big effectiveness in amendment of spherical aberration, comatic aberration, and distortion aberration.

[0037]

Although the image pick-up lens of the gestalt of the 1st - the 12th operation consists of only refraction mold lenses (that is, lens of the type with which a deviation is performed by the interface of the media which have a different refractive index) which deflect an incident ray by refraction, it is not restricted to this. For example, the diffraction mold lens which deflects an incident ray by diffraction, refraction / diffraction hybrid mold

lens which deflects an incident ray in the combination of a diffraction operation and a refraction operation, the gradient index lens which deflects an incident ray according to the refractive index distribution in a medium may be used. However, in order that the complicated process may cause a cost rise, as for the gradient index lens from which a refractive index changes within a medium, it is desirable to use a homogeneity material lens with the image pick-up lens concerning this invention as the 1st - the 3rd lens (L1-L3).

[0038]

Moreover, the flux of light regulation plate for extracting and cutting the unnecessary light other than (ST) in the gestalt of the 1st - the 12th operation, etc. may be arranged if needed. By arranging the field (for example, a reflector, a refracting interface, a diffraction side) which does not have optical power (amount defined by the inverse number of a focal distance) in an optical path using prism (for example, rectangular prism) and mirrors (for example, flat-surface mirror) A rear stirrup may bend an optical path on the way before an image pick-up lens. It is possible to attain thin-shape-izing and the miniaturization on the appearance of the digital input devices (digital camera etc.) by which an image pick-up lens is carried by proper bending of an optical path that what is necessary is just to set up the bending location if needed.

[0039]

The image pick-up lens of the gestalt of the 1st - the 12th operation fits the use as a small image pick-up lens for digital input devices, and can constitute the image pick-up lens equipment which incorporates the image of a photographic subject optically and is outputted as an electric signal by combining this with an optical low pass filter or a solid state image sensor. the camera with which image pick-up lens equipment is used for still picture photography and animation photography of a photographic subject -- {-- for example digital camera; -- video camera; -- a digital video unit, a personal computer, a mobile computer, a wand reader, a cellular phone, and a Personal Digital Assistant (PDA:Personal Digital Assistant) -- It is the main component of built-in or camera} by which external is carried out at these peripheral devices (a mouse, a scanner, a printer, other digital input/output devices) etc. for example, it comes out sequentially from a body (photographic subject) side with the image pick-up lens which forms an objective optical image, light filters, such as an optical low pass filter and infrared cut-off filter, and the solid state image sensor which changes into an electric signal the optical image formed with the image pick-up lens, and is constituted.

[0040]

Therefore, invention (i) which has the following configurations - (vi) are contained in the

gestalt of the 1st - the 12th operation mentioned above, by the configuration, it has good optical-character ability and compact image pick-up lens equipment can be realized by low cost. And if this is applied to a digital camera etc., it can contribute to high-performance-izing of the camera concerned, advanced features, low-cost-izing, and miniaturization.

(i) The image pick-up lens which forms an optical image, and the solid state image sensor which changes into an electric signal the optical image formed with the image pick-up lens, The 1st lens with which it is preparation ***** lens equipment, and said image pick-up lens has forward or negative power in order from a body side, Image pick-up lens equipment characterized by consisting of the 2nd lens which has forward power, the 3rd lens which has negative power, and three lenses of **, and satisfying at least one of said conditional expression (A0), (A1), (A2), (A2a), (A2b), (A3), and (A3a).

(ii) The image pick-up lens which forms an optical image, and the solid state image sensor which changes into an electric signal the optical image formed with the image pick-up lens, The 1st lens with which it is preparation ***** lens equipment, and said image pick-up lens has forward power sequentially from a body side, Image pick-up lens equipment characterized by consisting of the 2nd lens which has forward power, the 3rd lens which has forward power, and three lenses of **, and satisfying at least one of said conditional expression (B1), (B-2), and (B3).

(iii) Image pick-up lens equipment the above (i) characterized by having an aperture diaphragm between said 1st lens and said 2nd lens further, or given in (ii).

(iv) Image pick-up lens equipment of any one publication of the above (i) characterized by said 1st [the] - the 3rd lens consisting of plastic lenses - (iii).

(v) Image pick-up lens equipment of any one publication of the above (i) characterized by said 1st [the] - the 3rd lens having the 1st [at least] page of the aspheric surface, respectively - (iv).

(vi) Image pick-up lens equipment of any one publication of above-mentioned (i) - (v) characterized by said 1st [the] - the 3rd lens consisting of homogeneity material lenses.

[0041]

CCD, a CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) sensor, etc. which consist, for example of two or more pixels as a solid state image sensor are used, and the optical image formed with the image pick-up lens is changed into an electric signal by the solid state image sensor. When the optical image which should be formed with an image pick-up lens passes the optical low pass filter which has the predetermined cut-off frequency property determined with the pixel pitch of a solid state image sensor, spatial frequency characteristics are adjusted so that the so-called clinch noise generated in

case it is changed into an electric signal may be minimized. Predetermined digital image processing, picture compression processing, etc. are performed if needed, it is recorded on memory (semiconductor memory, optical disk, etc.) as a digital video signal, a cable is minded depending on the case, or the signal generated with the solid state image sensor is changed into an infrared signal, and is transmitted to other devices.

[0042]

In addition, although the optical low pass filter arranged between the last side of an image pick-up lens and a solid state image sensor is constituted from the gestalt of the 1st - the 12th operation by the glass filter (GF), it should just respond to the digital input device used. For example, a birefringence mold low pass filter made from Xtal with which the predetermined crystal orientation was adjusted, the phase mold low pass filter which attains the property of optical cut-off frequency needed according to the diffraction effect are applicable.

[0043]

Lens type [of three or more lenses]>> which has a lens in forward, forward, and negative order from <<body side

Next, the gestalt of other operations of the image pick-up lens of forward, forward, and a negative type is explained, referring to a drawing. An optical cross section shows the lens configuration of the gestalt of the 13th - the 15th operation to drawing 25 - drawing 27, respectively. The image pick-up lens of the gestalt of the 13th - the 15th operation is all a single focal lens for an image pick-up (for example, for digital cameras) which forms an optical image to a solid state image sensor (for example, CCD). And it has three lens composition of the 1st forward lens (L1), an aperture diaphragm (ST) and the 2nd forward lens (L2), the 3rd negative lens (L3) that turned the concave surface to the image surface side, and ** sequentially from the body side, and the glass filter (GF) of the shape of a plane-parallel plate equivalent to an optical low pass filter etc. is arranged at the image surface side. Moreover, in the gestalt of the 13th - the 15th operation, all lens sides (r1, r2, r4-r7) are the aspheric surface.

[0044]

The lens configuration of the gestalt of the 13th - the 15th operation is explained in more detail. It is the plastic lens which has the forward meniscus configuration where the 1st lens (L1) turned the convex to the image surface side in the gestalt of the 13th operation, and the 2nd lens (L2) is a glass lens which has the forward meniscus configuration where the convex was turned to the image surface side, and the 3rd lens (L3) is a plastic lens which has the negative meniscus configuration where the concave surface was turned to the image surface side. In the gestalt of the 14th operation, the

1st lens (L1) is a glass lens which has the forward meniscus configuration where the convex was turned to the body side, the 2nd lens (L2) is a plastic lens which has the forward meniscus configuration where the convex was turned to the image surface side, and the 3rd lens (L3) is a negative plastic lens which has both the concave configuration. It is the glass lens which has the forward meniscus configuration where the 1st lens (L1) turned the convex to the body side in the gestalt of the 15th operation, and the 2nd lens (L2) is a plastic lens which has the forward meniscus configuration where the convex was turned to the image surface side, and the 3rd lens (L3) is a plastic lens which has the negative meniscus configuration where the concave surface was turned to the image surface side.

[0045]

Power arrangement sets in forward, forward, and a negative lens type like the gestalt of the 13th - the 15th operation. By using either of the 1st and 2nd lens (L1, L2) into a glass lens, using another side as a plastic lens, and using the 3rd lens (L3) as the plastic lens which turned the concave surface to the image surface side It becomes possible to make the exit pupil location required for an image pick-up lens, the optical-character ability, the cost, compactability, and manufacturability for solid state image sensors balance good.

[0046]

Next, the gestalt of operation of the image pick-up lens of forward, forward, negative, and a negative type is explained, referring to a drawing. An optical cross section shows the lens configuration of the gestalt of the 16th - the 19th operation to drawing 31 - drawing 34 , respectively. The image pick-up lens of the gestalt of the 16th - the 19th operation is all a single focal lens for an image pick-up (for example, for digital cameras) which forms an optical image to a solid state image sensor (for example, CCD). And sequentially from the body side, it consists of the forward pre-group (GrF), and an aperture diaphragm (ST) and a negative or forward back group (GrR), and the glass filter (GF) of the shape of a plane-parallel plate equivalent to an optical low pass filter etc. is arranged at the image side. The pre-group (GrF) consists of the 1st one lens (L1) which consists of a positive lens, and the back group (GrR) consists of three sheets of the 2nd lens (L2) which consists of a positive lens, the 3rd lens (L3) which consists of a negative lens, and the 4th lens (L4) which consists of a negative lens sequentially from the body side. That is, the image pick-up lens of the gestalt of the 16th - the 19th operation has four lens composition of the 1st forward lens (L1), an aperture diaphragm (ST) and the 2nd forward lens (L2), the 3rd negative lens (L3), the 4th negative lens (L4), and ** from the body side at order. In addition, among each lens block diagram

(drawing 31 - drawing 34 R> 4), the field where r_i ($i= 1, 2$ and $3, \dots$) was attached is counted from a body side, and is the i -th field, and the field where * mark was given to r_i is the aspheric surface.

[0047]

The lens configuration of the gestalt of the 16th - the 19th operation is explained in more detail. It is the forward glass lens which has the meniscus configuration where the 1st lens (L1) turned the convex to the body side in the gestalt of the 16th - the 18th operation. The 2nd lens (L2) is a forward plastic lens which has the meniscus configuration where the convex was turned to the image side. The 3rd lens (L3) is a negative plastic lens which has the meniscus configuration where the convex was turned to the image side, and the 4th lens (L4) is a negative plastic lens which has both the concave configuration. And the pre-group (GrF) has forward power and has power negative in a back group (GrR). It is the forward glass lens in which the 1st lens (L1) has both the convex configuration in the gestalt of the 19th operation, and the 2nd lens (L2) is a negative plastic lens which has the meniscus configuration where are the forward plastic lens which has the meniscus configuration where the convex was turned to the image side, and the 3rd lens (L3) turned the convex to the image side, and the 4th lens (L4) is a negative plastic lens which has both the concave configuration. and a pre-group (GrF) and a back group (GrR) -- it both has forward power.

[0048]

Like the gestalt of the 16th - the 19th operation, to a body side sequentially from a body side The positive lens of a convex, With an aperture diaphragm (ST), to an image side the positive meniscus lens of a convex, and when an image side face adopts the four lens configuration of the negative lens of concave, and ** as an image side at least with the negative meniscus lens of a convex in the aspheric surface at an image side Miniaturization and low-cost-izing of a lens system can be attained realizing high optical-character ability and a proper exit pupil location. Moreover, by constituting arranging a glass lens and a plastic lens appropriately like the gestalt of the 16th - the 19th operation (L1), i.e., the 1st lens, from a glass lens, and constituting all the other lenses (L2-L4) from a plastic lens, optical-character ability is good and can realize low cost and a compact image pick-up lens. Moreover, by constituting only the 1st lens (L1) from a glass lens, performance degradation decreases to a temperature change and optical-character ability becomes good in a large temperature requirement.

[0049]

As mentioned above, the image pick-up lens for solid state image sensors is asked for high-performance-izing, a miniaturization, and low cost-ization, but if it is going to

detach an exit pupil location in the distance, enlargement of the whole image pick-up lens will be caused. Furthermore, for a low-pricing competition in recent years, the request of low-cost-izing is becoming strong also at the image pick-up lens, and the engine performance required of an image pick-up lens by the densification of a solid state image sensor in recent years is also becoming higher. The image pick-up lens for solid state image sensors, which aimed at miniaturization is proposed by JP,2000-180719,A, JP,2002-228922,A, etc. to the above requests.

[0050]

However, a field angle is 50 or less degrees, and an image pick-up lens given in JP,2000-180719,A has a field angle inadequate for using it as an image pick-up lens. On the other hand, a field angle is 60 degrees or more, and an image pick-up lens given in JP,2002-228922,A can be called sufficient field angle to use it as an image pick-up lens. However, since the location of an aperture diaphragm is located ahead of a lens system, it has the composition that the manufacture error over the circumference engine performance tends to become severe. Therefore, it is difficult to maintain the circumference engine performance. Moreover, each of JP,2000-180719,A and image pick-up lenses given in JP,2002-228922,A is the list of a positive lens and a negative lens in order from the body side. With these configurations that a negative lens is located ahead of a lens system like, miniaturization will become difficult.

[0051]

The lens type of three or more lenses with which the above-mentioned trouble has a lens in forward, forward, and negative order from a body side, For example, it is cancelable by adopting the configuration of the gestalt (three forward, forward, and negative lenses) of the 4th - the 8th operation, the gestalt (three forward, forward, and negative lenses) of the 13th - the 15th operation, and the gestalt (four forward, forward, negative, and negative lenses) of the 16th - the 19th operation. That is, though it is made a compact by arranging a lens appropriately, optical-character ability is able to be able to locate an exit pupil location in the distance more, and to offer the image pick-up lens being good and for low cost and compact solid state image sensors by making the last lens side configuration the optimal. The characteristic configuration is explained in full detail below.

[0052]

the 4- the gestalt of the 8th, the 13th - the 19th operation is an image pick-up lens which forms an image in a solid state image sensor, and is equivalent to the two positive lens {1st and 2nd lenses (L1, L2) sequentially from a body side. It is equivalent to}, the at least one negative lens {3rd lens (L3), or the 4th lens (L4). It has}, and most, the lens

side by the side of an image is the aspheric surface which turned the concave surface to the image side, and the description is for the aspheric surface to have point of inflection (point of inflection). Most, the aspheric surface configuration of the lens side by the side of an image has constituted the concave surface configuration in near an optical axis (AX), and has constituted the convex configuration by the outermost periphery from the inside band so that the cross-section configuration of the lens side which a lens block diagram shows may show. And the point of changing from the concave surface to a convex is point of inflection.

[0053]

As mentioned above, it becomes possible by making the lens side configuration near an optical axis (AX) into a concave surface configuration at an image side to make a lens overall length small. In a concave surface configuration, it becomes possible for the exit pupil location in a periphery to locate an exit pupil location in the distance of the whole lens side more by making into a convex the lens side configuration applied to the outermost periphery from an inside band, although it will become near. It applies to the outermost periphery from the inside band, and a convex configuration is constituted when the aspheric surface which turned the concave surface to the image side has point of inflection. Thus, by using the aspheric surface of a characteristic configuration for the lens side by the side of an image most, although a lens overall length is small, the far image pick-up lens of an exit pupil location is realizable. And a lens overall length can be made small much more effectively by adopting forward, forward and a negative one, and the list of the continuing lens from a body side.

[0054]

When above, the optimal aperture diaphragm location is between the 1st lens (L1) and the 2nd lens (L2). that is, the 4- like the gestalt of the 8th, the 13th - the 19th operation, it is equivalent to the positive lens {1st lens (L1) sequentially from a body side. It is equivalent to the lens group {2nd and 3rd lens (L2, L3) which consists of, and an aperture diaphragm (ST) and at least one lens, or the 2nd - the 4th lens (L2- L4, GrR). it comes out with}, is constituted and is most equivalent to the negative lens {3rd lens or (L3), and the 4th lens (L4) of the lens group with which the lens by the side of an image turned the concave surface to the image side. It is}, and the lens side by the side of the image of the negative lens is the aspheric surface, and it is desirable for the aspheric surface to have point of inflection. By the diaphragm type, before having an aperture diaphragm in the body side of the 1st lens, since change of the beam-of-light height of the periphery which passes each lens is very large, the sensitivity to a manufacture error will become high, consequently the performance degradation by the manufacture

error will become large. On the other hand, by the diaphragm type, after having an aperture diaphragm most in the image side of the lens by the side of an image (namely, the last lens), since an exit pupil location becomes extremely near, it is not suitable for the image pick-up lens for solid state image sensors. The aperture-diaphragm location optimal when making this manufacture error and an exit pupil location balance is between the 1st lens (L1) and the 2nd lens (L2).

[0055]

Moreover, it is equivalent to the positive lens {1st lens (L1) sequentially from a body side. It is equivalent to the lens group {2nd and 3rd lens (L2, L3) which consists of, and an aperture diaphragm (ST) and at least one lens, or the 2nd - the 4th lens (L2- L4, GrR). it is desirable} and to be come out and constituted, and for the lens side by the side of an image to be the aspheric surface of the lens group which turned the concave surface to the image side, and for the aspheric surface to have point of inflection most, and to satisfy the following conditional expression (1).

$$1.1 < f/Y' < 1.9 \quad \text{-- (1)}$$

It corrects,

f: The focal distance of the whole system,

Y': The maximum image quantity,

It comes out.

[0056]

Conditional expression (1) has specified the condition range for making a lens overall length and a front ball diameter balance. If the minimum of conditional expression (1) is exceeded, while a front ball diameter will become large and causing enlargement of the direction of a path of image pick-up lens equipment, amendment of distortion aberration becomes difficult. On the contrary, if the upper limit of conditional expression (1) is exceeded, the overall length of optical system will become large and enlargement of the direction of an optical axis (AX) of image pick-up lens equipment will be caused.

[0057]

It is desirable to satisfy the following conditional expression (1a), and it is still more desirable to satisfy conditional expression (1b). Conditional expression (1a) and (1b) have specified the condition range much more desirable from the above-mentioned viewpoint etc. also in the condition range which the above-mentioned conditional expression (1) has specified.

$$1.3 < f/Y' < 1.8 \quad \text{-- (1a)}$$

$$1.4 < f/Y' < 1.7 \quad \text{-- (1b)}$$

[0058]

the 4- like the gestalt of the 8th, the 13th - the 19th operation, it is desirable for the 1st [at least] page of all lenses to be the aspheric surface. Establishing the 1st [at least] page of the aspheric surface in each of the 1st - the 3rd lens (L1-L3), or the 1st - the 4th lens (L1-L4) has big effectiveness in amendment of spherical aberration, comatic aberration, and distortion aberration. moreover, the 4- although the 8th and the image pick-up lens of the gestalt of the 13th - the 19th operation consist of only refraction mold lenses (that is, lens of the type with which a deviation is performed by the interface of the media which have a different refractive index) which deflect an incident ray according to a refraction operation, an usable lens is not restricted to this. For example, the diffraction mold lens which deflects an incident ray according to a diffraction operation, refraction / diffraction hybrid mold lens which deflects an incident ray in the combination of a diffraction operation and a refraction operation, the gradient index lens which deflects an incident ray according to the refractive-index distribution in a medium may be used. However, in order that, as for the gradient index lens from which a refractive index changes within a medium, the complicated process may cause a cost rise, as for all the lenses to be used, it is desirable that it is a homogeneity material lens.

[0059]

Moreover, by arranging the flux of light regulation plate for extracting and cutting the unnecessary light other than (ST) etc. if needed, and arranging prism (for example, rectangular prism) and mirrors (for example, flat-surface mirror) in an optical path the field (for example, a reflector, a refracting interface, a diffraction side) which does not have the optical power -- before an image pick-up lens and a rear stirrup -- on the way -- it may come out and an optical path may be bent -- {-- for example, as an optical axis (AX) is bent about 90 degrees, the flux of light may be reflected. }. It is possible to attain thin-shape-izing and the miniaturization on the appearance of the digital input devices (digital camera etc.) by which an image pick-up lens is carried by proper bending of an optical path that what is necessary is just to set up the bending location if needed.

[0060]

the 4- the 8th and the image pick-up lens of the gestalt of the 13th - the 19th operation fit the use as a small image pick-up lens for digital input devices, and can constitute the image pick-up lens equipment which incorporates the image of a photographic subject optically and is outputted as an electric signal by combining this with an optical low pass filter or a solid state image sensor. the camera with which image pick-up lens equipment is used for still picture photography and animation photography of a photographic subject -- {-- for example digital camera; -- video camera; -- a digital video

unit, a personal computer, a mobile computer, a cellular phone, and a Personal Digital Assistant (PDA:Personal Digital Assistant) -- It is the main component of built-in or camera} by which external is carried out at these peripheral devices (a mouse, a scanner, a printer, other digital input/output devices) etc. for example, it comes out sequentially from a body (photographic subject) side with the image pick-up lens which forms an objective optical image, light filters, such as an optical low pass filter and infrared cut-off filter, and the solid state image sensor which changes into an electric signal the optical image formed with the image pick-up lens, and is constituted.

[0061]

therefore -- having mentioned above -- the -- four - the -- eight -- the -- 13 - the -- 19 -- operation -- a gestalt -- **** -- the following -- a configuration -- having -- invention -- (- I --) - (- V --) -- containing -- having -- **** -- the configuration -- good optical-character ability -- having -- image pick-up lens equipment compact at low cost -- being realizable . And if this is applied to a digital camera etc., it can contribute to high-performance-izing of the camera concerned, advanced features, low-cost-izing, and miniaturization.

(I) The image pick-up lens which forms an optical image, and the image sensor which changes into an electric signal the optical image formed with the image pick-up lens, Image pick-up lens equipment with which it is preparation ***** lens equipment, and it has two positive lenses and at least one negative lens, and the lens side by the side of an image is the aspheric surface which turned the concave surface to the image side, and said image pick-up lens is most characterized by the aspheric surface having point of inflection sequentially from a body side.

(II) The image pick-up lens which forms an optical image, and the image sensor which changes into an electric signal the optical image formed with the image pick-up lens, It is preparation ***** lens equipment. Said image pick-up lens sequentially from a body side A positive lens, an aperture diaphragm, the lens group which consists of at least one lens, and the image pick-up lens equipment which is come out of and constituted, and the lens by the side of an image is a negative lens of the lens group which turned the concave surface to the image side, and the lens side by the side of the image of the negative lens is the aspheric surface, and is most characterized by the aspheric surface having point of inflection.

(III) The image pick-up lens which forms an optical image, and the image sensor which changes into an electric signal the optical image formed with the image pick-up lens, It is preparation ***** lens equipment. Said image pick-up lens sequentially from a body side A positive lens, Come out with an aperture diaphragm and the lens group which

consists of at least one lens, and it is constituted. Image pick-up lens equipment characterized by for the lens side by the side of an image being the aspheric surface of the lens group which turned the concave surface to the image side, and for the aspheric surface having point of inflection most, and satisfying at least one of said conditional expression (1), (1a), and (1b).

(IV) Image pick-up lens equipment of any one publication of the above (I) characterized by all lenses having the 1st [at least] page of the aspheric surface, respectively - (III).

(V) Image pick-up lens equipment of any one publication of the above (I) characterized by all lenses consisting of homogeneity material lenses - (IV).

[0062]

Solid state image sensors which consist, for example of two or more pixels as an image sensor, such as CCD and a CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) sensor, are used, and the optical image formed with the image pick-up lens is changed into an electric signal by the solid state image sensor. When the optical image which should be formed with an image pick-up lens passes the optical low pass filter which has the predetermined cut-off frequency property determined with the pixel pitch of a solid state image sensor, spatial frequency characteristics are adjusted so that the so-called clinch noise generated in case it is changed into an electric signal may be minimized. Predetermined digital image processing, picture compression processing, etc. are performed if needed, it is recorded on memory (semiconductor memory, optical disk, etc.) as a digital video signal, a cable is minded depending on the case, or the signal generated with the solid state image sensor is changed into an infrared signal, and is transmitted to other devices. In addition, although the optical low pass filter arranged between the last side of an image pick-up lens and a solid state image sensor is constituted from the gestalt of each operation by the glass filter (GF), it should just respond to the digital input device used. For example, a birefringence mold low pass filter made from Xtal with which the predetermined crystal orientation was adjusted, the phase mold low pass filter which attains the property of optical cut-off frequency needed according to the diffraction effect are applicable.

[0063]

[Example]

Hereafter, construction data etc. are mentioned and the image pick-up lens which carried out this invention is explained still more concretely. The examples 1-19 given here are equivalent to the gestalt of the 1st - the 19th operation mentioned above, respectively, and the lens block diagram (drawing 1 - drawing 12 , drawing 25 R> 5 - drawing 27 , drawing 31 - drawing 34) showing the gestalt of the 1st - the 19th

operation shows the lens configuration of the corresponding examples 1-19, respectively. In the construction data of each example, r_i ($i=1, 2$ and $3, \dots$) is counted from a body side. The radius of curvature of the i -th field (mm), Count d_i ($i=1, 2$ and $3, \dots$) from a body side, and the i -th axial top-face spacing (mm) is shown. n_{i-1} ($i=1, 2$ and $3, \dots$) and n_i ($i=1, 2$ and $3, \dots$) are counted from a body side, and show the refractive index (N_d) and the Abbe number (N_d) to d line of the i -th optical element. The focal distance (f , mm) and the f number (FNO) of the whole system are united with other data, and are shown, and the correspondence value of a monograph affair type is shown in Table 1 and Table 2.

[0064]

It shall be shown that the field where * mark was given to radius of curvature r_i is a field which has a refraction operation equivalent to the dioptrics side of an aspheric surface configuration or the aspheric surface, and it shall define as the formula (AS) of the following showing the field configuration of the aspheric surface. The aspheric surface data of each example are set by other data, and are shown.

$$X(H) = (C_0, H^2) / \{1 + \sqrt{1 - \epsilon \cdot C_0^2, H^2}\} + \sum (A_i \cdot H^i) \quad \text{-- (AS)}$$

However, inside of a formula (AS),

$X(H)$: The amount of displacement of the direction of an optical axis (AX) in the location of height H (plane peak point criteria),

H : It is the height of a perpendicular direction to an optical axis (AX),

C_0 : Paraxial curvature ($= 1/\text{radius of curvature}$),

ϵ : secondary curved-surface parameter,

A_i : the following aspheric surface multiplier (the data in $A_i=0$ are omitted.),

It comes out.

[0065]

Drawing 13 · drawing 24 , drawing 28 · drawing 30 , drawing 35 · drawing 38 are the aberration Figs. corresponding to an example 1 - an example 19, and (A) is [an astigmatism Fig. and (C) of a spherical-aberration Fig. and (B)] distortion aberration Figs. among drawing 13 · drawing 24 , drawing 28 · drawing 30 , drawing 35 · drawing 38 {the FNO: f number and the Y : maximum image quantity (mm)}. In the spherical-aberration Fig., the continuous line (d) expresses each amount [as opposed to / as opposed to / in d line and an alternate long and short dash line (g) / g line / c line in a two-dot chain line (c)] of spherical aberration (mm), and the broken line (SC) expresses the sine-condition dissatisfied amount (mm). In the astigmatism Fig., the astigmatism (mm) over d line in a meridional side is expressed, and, as for the broken line (DM), the continuous line (DS) expresses the astigmatism (mm) over d line in a sagittal side.

Moreover, in the distortion aberration Fig., the continuous line expresses the distortion (%) to d line.

[0066]

《実施例 1》

$f=3.469$, $FN0=2.8$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

$r1*= 2.800$

$d1= 1.322$ $N1=1.58340$ $\nu 1= 30.23(L1)$

$r2*= 1.595$

$d2= 0.741$

$r3= \infty(ST)$

$d3= 0.442$

$r4*= 5.686$

$d4= 1.686$ $N2=1.53048$ $\nu 2= 55.72(L2)$

$r5*= -1.141$

$d5= 0.100$

$r6*= 18.824$

$d6= 1.026$ $N3=1.58340$ $\nu 3= 30.23(L3)$

$r7*= 2.039$

$d7= 1.000$

$r8= \infty$

$d8= 0.500$ $N4=1.51680$ $\nu 4= 64.20(GF)$

$r9= \infty$

[0067]

[第1面(r1)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.32631, A4 = 0.23941 \times 10^{-1}, A6 = -0.24142 \times 10^{-3}, A8 = 0.87227 \times 10^{-3}$$

[第2面(r2)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.20000 \times 10, A4 = 0.83403 \times 10^{-1}, A6 = 0.98460 \times 10^{-3}, A8 = 0.49924 \times 10^{-1}$$

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.18973 \times 10, A4 = -0.11614 \times 10^{-1}, A6 = -0.22756 \times 10^{-1}, A8 = 0.82323 \times 10^{-2}$$

[第5面(r5)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.26870, A4 = 0.34068 \times 10^{-1}, A6 = -0.14733 \times 10^{-1}, A8 = 0.56763 \times 10^{-3}$$

[第6面(r6)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.0, A4 = -0.47058 \times 10^{-1}, A6 = -0.90811 \times 10^{-2}, A8 = 0.19180 \times 10^{-2}$$

[第7面(r7)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.35130, A4 = -0.86078 \times 10^{-1}, A6 = 0.14913 \times 10^{-1}, A8 = -0.18277 \times 10^{-2}$$

[0068]

《実施例 2》

 $f=3.467$, $FN0=2.8$

[曲率半径]	[軸上面間隔]	[屈折率]	[アッペ数]
$r1*= 3.914$	$d1= 1.633$	$N1=1.58340$	$\nu 1= 30.23(L1)$
$r2*= 2.253$	$d2= 0.545$		
$r3= \infty(ST)$	$d3= 0.300$		
$r4*= 5.484$	$d4= 2.097$	$N2=1.53048$	$\nu 2= 55.72(L2)$
$r5*= -0.992$	$d5= 0.100$		
$r6*= 6.928$	$d6= 0.700$	$N3=1.58340$	$\nu 3= 30.23(L3)$
$r7*= 1.261$	$d7= 1.000$		
$r8= \infty$	$d8= 0.500$	$N4=1.51680$	$\nu 4= 64.20(GF)$
$r9= \infty$			

[0069]

[第1面(r1)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = 0.15050 \times 10^{-1}, A6 = 0.17624 \times 10^{-2}, A8 = -0.28942 \times 10^{-3}, A10 = 0.15435 \times 10^{-3}$$

[第2面(r2)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = 0.12063, A6 = 0.53318 \times 10^{-1}, A8 = -0.34519 \times 10^{-1}, A10 = 0.15360$$

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = 0.21812 \times 10^{-1}, A6 = 0.13669 \times 10^{-1}, A8 = 0.89058 \times 10^{-2}, A13 = -0.10085 \times 10^{-1}$$

[第5面(r5)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10969, A4 = 0.13179, A6 = -0.87983 \times 10^{-1}, A8 = 0.39597 \times 10^{-1}, A10 = -0.51378 \times 10^{-2}$$

[第6面(r6)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = -0.98804 \times 10^{-1}, A6 = 0.25381 \times 10^{-1}, A8 = -0.41254 \times 10^{-2}, A10 = -0.74291 \times 10^{-3}$$

[第7面(r7)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.50000 \times 10, A4 = -0.69548 \times 10^{-1}, A6 = 0.27279 \times 10^{-1}, A8 = -0.76305 \times 10^{-2}, A10 = 0.73965 \times 10^{-3}$$

[0070]

《実施例 3》

f=3.965, FN0=2.8

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッベ数]

r1*= 5.638

d1= 1.569 N1=1.58340 ν 1= 30.23(L1)

r2*= 3.303

d2= 0.394

r3= ∞ (ST)

d3= 0.200

r4*= 4.256

d4= 2.649 N2=1.53048 ν 2= 55.72(L2)

r5*= -1.065

d5= 0.100

r6*= 19.154

d6= 0.799 N3=1.58340 ν 3= 30.23(L3)

r7*= 1.266

d7= 1.000

r8= ∞ d8= 0.500 N4=1.51680 ν 4= 64.20(GF)r9= ∞

[0071]

[第1面(r1)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = 0.12129 \times 10^{-1}, A6 = 0.31044 \times 10^{-2}, A8 = -0.11652 \times 10^{-2}, A10 = 0.19214 \times 10^{-3}$$

[第2面(r2)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = 0.10276, A6 = 0.19545 \times 10^{-1}, A8 = -0.73712 \times 10^{-2}, A10 = 0.55142 \times 10^{-1}$$

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = 0.45950 \times 10^{-1}, A6 = 0.47759 \times 10^{-2}, A8 = 0.79466 \times 10^{-2}, A10 = -0.12984 \times 10^{-1}$$

[第5面(r5)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.11091, A4 = 0.12806, A6 = -0.70237 \times 10^{-1}, A8 = 0.26286 \times 10^{-1}, A10 = -0.27364 \times 10^{-2}$$

[第6面(r6)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = -0.85336 \times 10^{-1}, A6 = 0.25832 \times 10^{-1}, A8 = -0.89579 \times 10^{-2}, A10 = 0.67422 \times 10^{-3}$$

[第7面(r7)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.50000 \times 10, A4 = -0.52773 \times 10^{-1}, A6 = 0.17861 \times 10^{-1}, A8 = -0.46675 \times 10^{-2}, A10 = 0.43220 \times 10^{-3}$$

[0072]

《実施例 4》

 $f=3.507$, $FNO=2.8$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

 $r1*= 68.391$ $d1= 0.872$ $N1=1.53048$ $\nu 1= 55.72(L1)$ $r2*= -6.304$ $d2= 0.938$ $r3= \infty(ST)$ $d3= 0.500$ $r4*= -3.703$ $d4= 1.649$ $N2=1.53048$ $\nu 2= 55.72(L2)$ $r5*= -0.852$ $d5= 0.100$ $r6*= 11.946$ $d6= 0.700$ $N3=1.58340$ $\nu 3= 30.23(L3)$ $r7*= 1.225$ $d7= 1.000$ $r8= \infty$ $d8= 0.500$ $N4=1.51680$ $\nu 4= 64.20(GF)$ $r9= \infty$

[0073]

[第1面(r1)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.51000 \times 10^2, A4 = 0.56767 \times 10^{-2}, A6 = 0.35339 \times 10^{-2}, A8 = -0.16790 \times 10^{-2}, A10 = 0.18541 \times 10^{-3}$$

[第2面(r2)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.15652 \times 10^2, A4 = 0.29585 \times 10^{-1}, A6 = 0.49258 \times 10^{-2}, A8 = -0.68370 \times 10^{-2}, A10 = 0.21683 \times 10^{-2}$$

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.14877 \times 10, A4 = -0.79140 \times 10^{-1}, A6 = -0.47628 \times 10^{-1}, A8 = 0.48397 \times 10^{-1}, A10 = -0.11082$$

[第5面(r5)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.10000 \times 10, A4 = -0.10074 \times 10^{-1}, A6 = -0.10146, A8 = 0.69391 \times 10^{-1}, A10 = -0.22979 \times 10^{-1}$$

[第6面(r6)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.21028 \times 10, A4 = -0.38111 \times 10^{-1}, A6 = 0.40875 \times 10^{-2}, A8 = 0.27790 \times 10^{-2}, A10 = -0.24091 \times 10^{-2}$$

[第7面(r7)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.60000 \times 10, A4 = -0.45478 \times 10^{-1}, A6 = 0.20696 \times 10^{-1}, A8 = -0.67145 \times 10^{-2}, A10 = 0.63538 \times 10^{-3}$$

[0074]

《実施例 5》

 $f=4.046$, $FNO=2.8$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッベ数]

 $r1*= 5.219$ $d1= 1.013$ $N1=1.53048$ $\nu 1= 55.72(L1)$ $r2*= -64.896$ $d2= 0.748$ $r3= \infty(ST)$ $d3= 0.500$ $r4*= -4.392$ $d4= 1.756$ $N2=1.53048$ $\nu 2= 55.72(L2)$ $r5*= -0.904$ $d5= 0.100$ $r6*= 20.088$ $d6= 0.725$ $N3=1.58340$ $\nu 3= 30.23(L3)$ $r7*= 1.208$ $d7= 1.000$ $r8= \infty$ $d8= 0.500$ $N4=1.51680$ $\nu 4= 64.20(GF)$ $r9= \infty$

[0075]

[第1面(r1)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.70781 \times 10, A4 = 0.89349 \times 10^{-2}, A6 = 0.47221 \times 10^{-2}, A8 = -0.10936 \times 10^{-2}, A10 = 0.26309 \times 10^{-3}$$

[第2面(r2)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.14000 \times 10^2, A4 = 0.21091 \times 10^{-1}, A6 = 0.65881 \times 10^{-2}, A8 = -0.31253 \times 10^{-2}, A10 = 0.14822 \times 10^{-2}$$

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.21386 \times 10, A4 = -0.36204 \times 10^{-1}, A6 = -0.25647 \times 10^{-1}, A8 = 0.63204 \times 10^{-1}, A10 = -0.70302 \times 10^{-1}$$

[第5面(r5)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.97822, A4 = 0.29364 \times 10^{-1}, A6 = -0.10042, A8 = 0.61685 \times 10^{-1}, A10 = -0.15831 \times 10^{-1}$$

[第6面(r6)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.20000 \times 10, A4 = -0.46735 \times 10^{-1}, A6 = 0.63444 \times 10^{-2}, A8 = 0.57281 \times 10^{-2}, A10 = -0.26912 \times 10^{-2}$$

[第7面(r7)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.60000 \times 10, A4 = -0.60010 \times 10^{-1}, A6 = 0.24137 \times 10^{-1}, A8 = -0.56437 \times 10^{-2}, A10 = 0.43112 \times 10^{-3}$$

[0076]

《実施例 6》

 $f=4.057$, $FNO=2.8$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

 $r1*= 3.887$ $d1= 1.137$ $N1=1.53048$ $\nu 1= 55.72(L1)$ $r2*= 50.974$ $d2= 0.745$ $r3= \infty(ST)$ $d3= 0.500$ $r4*= -3.040$ $d4= 1.696$ $N2=1.53048$ $\nu 2= 55.72(L2)$ $r5*= -1.374$ $d5= 0.100$ $r6*= 1.971$ $d6= 0.700$ $N3=1.58340$ $\nu 3= 30.23(L3)$ $r7*= 1.157$ $d7= 1.000$ $r8= \infty$ $d8= 0.500$ $N4=1.51680$ $\nu 4= 64.20(GF)$ $r9= \infty$

[0077]

[第1面(r1)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.17782 \times 10, A4 = 0.61057 \times 10^{-2}, A6 = 0.14542 \times 10^{-2}, A8 = -0.49868 \times 10^{-3}, A10 = 0.16539 \times 10^{-3}$$

[第2面(r2)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.16000 \times 10^2, A4 = 0.61220 \times 10^{-2}, A6 = -0.75168 \times 10^{-3}, A8 = 0.15948 \times 10^{-2}, A10 = -0.17231 \times 10^{-4}$$

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.84433, A4 = 0.61538 \times 10^{-2}, A6 = -0.21453, A8 = 0.30585, A10 = -0.20991$$

[第5面(r5)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.36507, A4 = -0.44642 \times 10^{-1}, A6 = 0.12082 \times 10^{-1}, A8 = 0.88202 \times 10^{-2}, A10 = -0.56296 \times 10^{-2}$$

[第6面(r6)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.20000 \times 10, A4 = -0.14745, A6 = 0.32555 \times 10^{-1}, A8 = 0.43398 \times 10^{-2}, A10 = -0.22720 \times 10^{-2}$$

[第7面(r7)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.19045 \times 10, A4 = -0.97978 \times 10^{-1}, A6 = 0.23732 \times 10^{-1}, A8 = -0.25696 \times 10^{-2}, A10 = -0.40956 \times 10^{-5}$$

[0078]

《実施例 7》

 $f=5.413$, $FNO=2.8$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

 $r1*= 3.262$ $d1= 1.267$ $N1=1.53048$ $\nu 1= 55.72(L1)$ $r2*= 20.506$ $d2= 0.605$ $r3= \infty(ST)$ $d3= 1.011$ $r4*= -2.627$ $d4= 1.329$ $N2=1.53048$ $\nu 2= 55.72(L2)$ $r5*= -1.750$ $d5= 0.100$ $r6*= 6.747$ $d6= 1.769$ $N3=1.58340$ $\nu 3= 30.23(L3)$ $r7*= 2.711$ $d7= 0.500$ $r8= \infty$ $d8= 0.500$ $N4=1.51680$ $\nu 4= 64.20(GF)$ $r9= \infty$



[0079]

[第1面(r1)の非球面データ]

 $\varepsilon = 0.23583, A4 = 0.42634 \times 10^{-2}, A6 = 0.70946 \times 10^{-3}, A8 = 0.83522 \times 10^{-4}, A10 = 0.22563 \times 10^{-4}$

[第2面(r2)の非球面データ]

 $\varepsilon = 0.13080 \times 10^2, A4 = 0.76363 \times 10^{-2}, A6 = -0.96051 \times 10^{-3}, A8 = 0.12099 \times 10^{-2}, A10 = -0.32280 \times 10^{-3}$

[第4面(r4)の非球面データ]

 $\varepsilon = 0.14778 \times 10, A4 = 0.46580 \times 10^{-2}, A6 = -0.48590 \times 10^{-1}, A8 = 0.29449 \times 10^{-1}, A10 = -0.35940 \times 10^{-2}$

[第5面(r5)の非球面データ]

 $\varepsilon = 0.54871, A4 = -0.31360 \times 10^{-1}, A6 = 0.95481 \times 10^{-2}, A8 = -0.21117 \times 10^{-2}, A10 = 0.74248 \times 10^{-3}$

[第6面(r6)の非球面データ]

 $\varepsilon = 0.35876 \times 10^{-1}, A4 = -0.60741 \times 10^{-1}, A6 = 0.13571 \times 10^{-1}, A8 = -0.98325 \times 10^{-3}, A10 = -0.49719 \times 10^{-4}$

[第7面(r7)の非球面データ]

 $\varepsilon = -0.54011 \times 10, A4 = -0.17861 \times 10^{-1}, A6 = 0.16540 \times 10^{-3}, A8 = 0.11796 \times 10^{-3}, A10 = -0.10468 \times 10^{-4}$

[0080]

《実施例 8》

 $f=5.414$, $FNO=2.8$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッベ数]

 $r1*= 2.566$ $d1= 1.227$ $N1=1.53048$ $\nu 1= 55.72(L1)$ $r2*= 18.606$ $d2= 0.369$ $r3= \infty(ST)$ $d3= 0.935$ $r4*= -1.834$ $d4= 1.208$ $N2=1.53048$ $\nu 2= 55.72(L2)$ $r5*= -1.611$ $d5= 0.100$ $r6*= 7.215$ $d6= 1.581$ $N3=1.58340$ $\nu 3= 30.23(L3)$ $r7*= 2.841$ $d7= 0.500$ $r8= \infty$ $d8= 0.500$ $N4=1.51680$ $\nu 4= 64.20(GF)$ $r9= \infty$

[0081]

[第1面(r1)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.16794, A4 = 0.43888 \times 10^{-2}, A6 = 0.28598 \times 10^{-3}, A8 = 0.32325 \times 10^{-3}, A10 = -0.24401 \times 10^{-3}$$

[第2面(r2)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.73024 \times 10, A4 = -0.29787 \times 10^{-2}, A6 = -0.20862 \times 10^{-2}, A8 = -0.10682 \times 10^{-2}, A10 = 0.34571 \times 10^{-3}$$

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.12492 \times 10, A4 = 0.29931 \times 10^{-2}, A6 = -0.49256 \times 10^{-1}, A8 = 0.23979 \times 10^{-1}, A10 = 0.79079 \times 10^{-3}$$

[第5面(r5)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.53675, A4 = -0.23290 \times 10^{-1}, A6 = 0.52301 \times 10^{-2}, A8 = 0.10769 \times 10^{-2}, A10 = 0.44801 \times 10^{-3}$$

[第6面(r6)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.20000 \times 10, A4 = -0.66312 \times 10^{-1}, A6 = 0.15524 \times 10^{-1}, A8 = -0.15169 \times 10^{-2}, A10 = -0.38654 \times 10^{-4}$$

[第7面(r7)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.60000 \times 10, A4 = -0.25548 \times 10^{-1}, A6 = 0.14515 \times 10^{-2}, A8 = -0.25702 \times 10^{-4}, A10 = -0.80128 \times 10^{-5}$$

[0082]

《実施例 9》

 $f=3.470$, $FNO=2.8$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

 $r1*= 1.928$ $d1= 1.028$ $N1=1.53048$ $\nu 1= 55.72(L1)$ $r2*= 2.310$ $d2= 0.478$ $r3= \infty(ST)$ $d3= 0.300$ $r4*= 8.421$ $d4= 1.304$ $N2=1.53048$ $\nu 2= 55.72(L2)$ $r5*= -1.151$ $d5= 0.655$ $r6*= -0.468$ $d6= 0.720$ $N3=1.58340$ $\nu 3= 30.23(L3)$ $r7*= -0.694$ $d7= 0.300$ $r8= \infty$ $d8= 0.500$ $N4=1.51680$ $\nu 4= 64.20(GF)$ $r9= \infty$

[0083]

[第1面(r1)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = -0.45870 \times 10^{-2}, A6 = 0.29663 \times 10^{-2}, A8 = -0.12412 \times 10^{-2}, A10 = -0.94981 \times 10^{-3}$$

[第2面(r2)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = -0.11631 \times 10^{-1}, A6 = 0.15359, A8 = -0.35362, A10 = 0.22705$$

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = -0.12407, A6 = 0.87272 \times 10^{-1}, A8 = -0.30646, A10 = 0.23712$$

[第5面(r5)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = 0.27864 \times 10^{-1}, A6 = 0.64946 \times 10^{-1}, A8 = -0.13857, A10 = 0.11579$$

[第6面(r6)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.13801, A4 = 0.36196, A6 = 0.16987, A8 = -0.10315, A10 = 0.81031 \times 10^{-1}$$

[第7面(r7)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.17413, A4 = 0.15173, A6 = 0.72208 \times 10^{-1}, A8 = -0.28908 \times 10^{-1}, A10 = 0.74165 \times 10^{-2}$$

[0084]

《実施例 10》

 $f=3.469$, $FN0=2.8$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッベ数]

 $r1*= 2.173$ $d1= 1.103$ $N1=1.53048$ $\nu 1= 55.72(L1)$ $r2*= 2.584$ $d2= 0.602$ $r3= \infty(ST)$ $d3= 0.328$ $r4*= 6.726$ $d4= 1.283$ $N2=1.53048$ $\nu 2= 55.72(L2)$ $r5*= -1.160$ $d5= 0.736$ $r6*= -0.459$ $d6= 0.738$ $N3=1.58340$ $\nu 3= 30.23(L3)$ $r7*= -0.680$ $d7= 0.300$ $r8= \infty$ $d8= 0.500$ $N4=1.51680$ $\nu 4= 64.20(GF)$ $r9= \infty$

[0085]

[第1面(r1)の非球面データ]

$\varepsilon = 0.10000 \times 10$, $A4 = 0.87958 \times 10^{-3}$, $A6 = 0.42137 \times 10^{-2}$, $A8 = -0.16799 \times 10^{-3}$, $A10 = -0.19193 \times 10^{-3}$

[第2面(r2)の非球面データ]

$\varepsilon = 0.10000 \times 10$, $A4 = 0.93253 \times 10^{-2}$, $A6 = 0.15533$, $A8 = -0.24491$, $A10 = 0.13194$

[第4面(r4)の非球面データ]

$\varepsilon = 0.10000 \times 10$, $A4 = -0.98391 \times 10^{-1}$, $A6 = 0.94609 \times 10^{-1}$, $A8 = -0.17520$, $A10 = 0.1209$

4

[第5面(r5)の非球面データ]

$\varepsilon = 0.10000 \times 10$, $A4 = 0.44653 \times 10^{-1}$, $A6 = 0.55013 \times 10^{-1}$, $A8 = -0.12054$, $A10 = 0.11213$

[第6面(r6)の非球面データ]

$\varepsilon = 0.13153$, $A4 = 0.36562$, $A6 = 0.16321$, $A8 = -0.11039$, $A10 = 0.86597 \times 10^{-1}$

[第7面(r7)の非球面データ]

$\varepsilon = 0.16282$, $A4 = 0.15658$, $A6 = 0.66062 \times 10^{-1}$, $A8 = -0.28592 \times 10^{-1}$, $A10 = 0.75366 \times 10^{-2}$

[0086]

《実施例 1 1》

 $f=2.357$, $FNO=2.8$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

 $r1*= 3.284$ $d1= 0.988$ $N1=1.53048$ $\nu 1= 55.72(L1)$ $r2*= 8.603$ $d2= 0.249$ $r3= \infty(ST)$ $d3= 0.231$ $r4*= 2.351$ $d4= 1.000$ $N2=1.53048$ $\nu 2= 55.72(L2)$ $r5*= -0.806$ $d5= 0.367$ $r6*= -0.328$ $d6= 0.700$ $N3=1.58340$ $\nu 3= 30.23(L3)$ $r7*= -0.557$ $d7= 0.200$ $r8= \infty$ $d8= 0.500$ $N4=1.51680$ $\nu 4= 64.20(GF)$ $r9= \infty$

[0087]

[第1面(r1)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = -0.82390 \times 10^{-1}, A6 = -0.51231 \times 10^{-3}, A8 = -0.31114 \times 10^{-1}, A10 = 0.20505 \times 10^{-1}$$

[第2面(r2)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = -0.22908, A6 = 0.19307, A8 = -0.66911, A10 = 0.11352 \times 10$$

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = -0.31044, A6 = -0.13877, A8 = 0.59855, A10 = -0.34008 \times 10$$

[第5面(r5)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = 0.19846, A6 = 0.34588, A8 = -0.10718 \times 10, A10 = 0.22259 \times 10$$

[第6面(r6)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.14294, A4 = 0.16786 \times 10, A6 = 0.77941, A8 = -0.21235 \times 10, A10 = 0.29745 \times 10$$

[第7面(r7)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.22025, A4 = 0.51811, A6 = 0.40947, A8 = -0.41631, A10 = 0.19224$$

[0088]

《実施例 1 2》

 $f=3.909, FNO=2.8$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

 $r1*= 1.946$ $d1= 1.063 \quad N1=1.53048 \quad \nu 1= 55.72(L1)$ $r2*= 2.908$ $d2= 0.461$ $r3= \infty(ST)$ $d3= 0.369$ $r4*= 25.898$ $d4= 1.214 \quad N2=1.53048 \quad \nu 2= 55.72(L2)$ $r5*= -1.222$ $d5= 0.719$ $r6*= -0.512$ $d6= 0.864 \quad N3=1.58340 \quad \nu 3= 30.23(L3)$ $r7*= -0.791$ $d7= 0.300$ $r8= \infty$ $d8= 0.500 \quad N4=1.51680 \quad \nu 4= 64.20(GF)$ $r9= \infty$

[0089]

[第1面(r1)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = -0.71083 \times 10^{-2}, A6 = 0.83355 \times 10^{-2}, A8 = -0.43965 \times 10^{-2}, A10 = 0.15236 \times 10^{-2}$$

[第2面(r2)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = 0.48178 \times 10^{-2}, A6 = 0.77795 \times 10^{-1}, A8 = -0.11808, A10 = 0.82135 \times 10^{-1}$$

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = -0.67192 \times 10^{-1}, A6 = 0.75859 \times 10^{-2}, A8 = -0.45131 \times 10^{-1}, A10 = -0.15867 \times 10^{-2}$$

[第5面(r5)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = 0.57645 \times 10^{-1}, A6 = 0.64121 \times 10^{-2}, A8 = -0.12843 \times 10^{-1}, A10 = 0.27561 \times 10^{-1}$$

[第6面(r6)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.15149, A4 = 0.34428, A6 = 0.14586, A8 = -0.13119, A10 = 0.71148 \times 10^{-1}$$

[第7面(r7)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.19214, A4 = 0.13217, A6 = 0.45573 \times 10^{-1}, A8 = -0.23420 \times 10^{-1}, A10 = 0.52064 \times 10^{-2}$$

[0090]

[Table 1]

《条件式対応値》

タイプ	パ ワ ー	実 施 例	条件式 (A0)	条件式 (A1), (B1)	条件式 (A2), (B2) (A2a), (A2b)	条件式 (A3), (B3) (A3a)
			$ f/f1 $	$f/f3$	$f3/f1$	$T6/f$
A	負・ 正・ 負	1	0. 3 2 5	-0. 8 6 5	—	0. 2 9 6
		2	0. 2 4 3	-1. 2 5 2	—	0. 2 0 2
		3	0. 4 4 2	-1. 6 7 9	—	0. 2 0 2
	正・ 正・ 負	4	0. 3 2 1	-1. 8 1 0	-0. 2 4 4	0. 1 7 9
		5	0. 2 1 8	-1. 4 6 3	-0. 2 1 9	0. 2 0 0
		6	—	—	-0. 8 9 5	0. 1 7 3
		7	—	—	-1. 2 9 9	0. 3 2 7
		8	—	—	-1. 6 9 5	0. 2 9 2
B	正・ 正・ 正	9	—	0. 2 4 5	1. 2 4 7	0. 2 0 7
		10	—	0. 3 3 5	0. 7 7 5	0. 2 1 3
		11	—	0. 2 1 4	1. 1 7 2	0. 2 9 7
		12	—	0. 2 2 4	2. 1 7 3	0. 2 2 1

[0091]

《実施例 13》

 $f=3.382$, $FNO=2.80$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッベ数]

 $r1* = -10.748$ $d1 = 0.756$ $N1=1.53048$ $\nu 1 = 55.72(L1)$ $r2* = -6.165$ $d2 = 0.933$ $r3 = \infty(ST)$ $d3 = 0.500$ $r4* = -12.672$ $d4 = 1.734$ $N2=1.48749$ $\nu 2 = 70.44(L2)$ $r5* = -0.898$ $d5 = 0.100$ $r6* = 5.623$ $d6 = 0.700$ $N3=1.58340$ $\nu 3 = 30.23(L3)$ $r7* = 1.145$ $d7 = 1.300$ $r8 = \infty$ $d8 = 0.500$ $N4=1.51680$ $\nu 4 = 64.20(GF)$ $r9 = \infty$

[0092]

[第1面(r1)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.49000 \times 10^2, A4 = 0.19628 \times 10^{-1}, A6 = 0.42261 \times 10^{-2}, A8 = -0.14046 \times 10^{-2}, A10 = 0.24571 \times 10^{-3}$$

[第2面(r2)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.61499 \times 10, A4 = 0.46300 \times 10^{-1}, A6 = 0.58156 \times 10^{-2}, A8 = -0.55287 \times 10^{-2}, A10 = 0.25143 \times 10^{-2}$$

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.10000 \times 10, A4 = -0.36178 \times 10^{-1}, A6 = -0.35359 \times 10^{-1}, A8 = 0.33661 \times 10^{-1}, A10 = -0.76906 \times 10^{-1}$$

[第5面(r5)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.10000 \times 10, A4 = 0.88131 \times 10^{-2}, A6 = -0.10394, A8 = 0.66365 \times 10^{-1}, A10 = -0.21004 \times 10^{-1}$$

[第6面(r6)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.19193 \times 10, A4 = -0.51842 \times 10^{-1}, A6 = 0.75512 \times 10^{-3}, A8 = 0.23514 \times 10^{-2}, A10 = -0.21619 \times 10^{-2}$$

[第7面(r7)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.45157 \times 10, A4 = -0.44404 \times 10^{-1}, A6 = 0.19663 \times 10^{-1}, A8 = -0.73281 \times 10^{-2}, A10 = 0.92529 \times 10^{-3}$$

[0093]

《実施例 1 4》

 $f=5.403$, $FN0=2.80$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

 $r1*= 3.427$ $d1= 1.256$ $N1=1.58913$ $\nu 1= 61.28(L1)$ $r2*= 13.824$ $d2= 0.643$ $r3= \infty(ST)$ $d3= 0.972$ $r4*= -3.551$ $d4= 1.640$ $N2=1.53048$ $\nu 2= 55.72(L2)$ $r5*= -1.328$ $d5= 0.100$ $r6*= -31.222$ $d6= 1.584$ $N3=1.58340$ $\nu 3= 30.23(L3)$ $r7*= 2.125$ $d7= 0.800$ $r8= \infty$ $d8= 0.500$ $N4=1.51680$ $\nu 4= 64.20(GF)$ $r9= \infty$

[0094]

[第1面(r1)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.45664, A_4 = 0.50687 \times 10^{-2}, A_6 = 0.84990 \times 10^{-3}, A_8 = -0.13419 \times 10^{-4}, A_{10} = 0.45261 \times 10^{-4}$$

[第2面(r2)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.13638 \times 10^2, A_4 = 0.12538 \times 10^{-1}, A_6 = -0.40314 \times 10^{-2}, A_8 = 0.29052 \times 10^{-2}, A_{10} = -0.63264 \times 10^{-3}$$

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.20000 \times 10, A_4 = -0.17811 \times 10^{-1}, A_6 = -0.44803 \times 10^{-1}, A_8 = 0.25403 \times 10^{-1}, A_{10} = -0.27515 \times 10^{-2}$$

[第5面(r5)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.28496, A_4 = -0.90398 \times 10^{-3}, A_6 = 0.58812 \times 10^{-2}, A_8 = -0.40268 \times 10^{-2}, A_{10} = 0.10098 \times 10^{-2}$$

[第6面(r6)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.0, A_4 = -0.60414 \times 10^{-1}, A_6 = 0.15910 \times 10^{-1}, A_8 = -0.10850 \times 10^{-2}, A_{10} = -0.90198 \times 10^{-4}$$

[第7面(r7)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.52095 \times 10, A_4 = -0.30068 \times 10^{-1}, A_6 = 0.30856 \times 10^{-2}, A_8 = -0.17047 \times 10^{-3}, A_{10} = 0.10885 \times 10^{-6}$$

[0095]

《実施例 15》

 $f=4.212$, $FN0=4.00$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッベ数]

 $r1*= 1.823$ $d1= 1.195$ $N1=1.48749$ $\nu 1= 70.44(L1)$ $r2*= 17.003$ $d2= 0.300$ $r3= \infty(ST)$ $d3= 0.575$ $r4*= -1.231$ $d4= 1.371$ $N2=1.53048$ $\nu 2= 55.72(L2)$ $r5*= -0.881$ $d5= 0.100$ $r6*= 4.980$ $d6= 0.749$ $N3=1.58340$ $\nu 3= 30.23(L3)$ $r7*= 1.193$ $d7= 0.500$ $r8= \infty$ $d8= 0.500$ $N4=1.51680$ $\nu 4= 64.20(GF)$ $r9= \infty$

[0096]

[第1面(r1)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.41144, A_4 = 0.85264 \times 10^{-2}, A_6 = 0.61779 \times 10^{-2}, A_8 = -0.18563 \times 10^{-2}, A_{10} = -0.12302 \times 10^{-2}$$

[第2面(r2)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.16000 \times 10^2, A_4 = -0.94292 \times 10^{-2}, A_6 = -0.39468 \times 10^{-1}, A_8 = 0.43553 \times 10^{-1}, A_{10} = -0.19370 \times 10^{-1}$$

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.19571 \times 10, A_4 = -0.22360 \times 10^{-1}, A_6 = -0.23890, A_8 = 0.29336, A_{10} = 0.36819$$

[第5面(r5)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.66179 \times 10^{-1}, A_4 = 0.59525 \times 10^{-1}, A_6 = -0.70445 \times 10^{-1}, A_8 = 0.15571 \times 10^{-1}, A_{10} = 0.54156 \times 10^{-2}$$

[第6面(r6)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.12482 \times 10, A_4 = -0.14933, A_6 = 0.56598 \times 10^{-1}, A_8 = -0.76101 \times 10^{-2}, A_{10} = -0.24802 \times 10^{-4}$$

[第7面(r7)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.60000 \times 10, A_4 = -0.74292 \times 10^{-1}, A_6 = 0.64193 \times 10^{-2}, A_8 = 0.15186 \times 10^{-2}, A_{10} = -0.29432 \times 10^{-3}$$

[0097]

《実施例 16》

 $f=7.277$, $FNO=4.00$

[曲率半径]	[軸上面間隔]	[屈折率]	[アッベ数]
$r1*= 3.548$	$d1= 1.161$	$N1=1.58913$	$\nu 1= 61.28(L1)$
$r2*= 16.802$	$d2= 0.593$		
$r3= \infty(ST)$	$d3= 1.343$		
$r4*= -3.817$	$d4= 1.377$	$N2=1.53048$	$\nu 2= 55.72(L2)$
$r5*= -1.576$	$d5= 0.447$		
$r6*= -2.730$	$d6= 1.686$	$N3=1.58340$	$\nu 3= 30.23(L3)$
$r7= -4.280$	$d7= 0.100$		
$r8= -5.779$	$d8= 0.833$	$N4=1.53048$	$\nu 4= 55.72(L4)$
$r9*= 5.219$	$d9= 0.500$		
$r10= \infty$	$d10= 0.700$	$N5=1.51680$	$\nu 5= 64.20(GF)$
$r11= \infty$			

[0098]

[第1面(r1)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.77503, A_4 = 0.25359 \times 10^{-2}, A_6 = 0.42096 \times 10^{-3}, A_8 = 0.12178 \times 10^{-4}, A_{10} = 0.88312 \times 10^{-5}$$

[第2面(r2)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.16000 \times 10^2, A_4 = 0.60134 \times 10^{-2}, A_6 = -0.12266 \times 10^{-2}, A_8 = 0.58101 \times 10^{-3}, A_{10} = -0.11992 \times 10^{-3}$$

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.20000 \times 10, A_4 = -0.23442 \times 10^{-1}, A_6 = -0.78672 \times 10^{-2}, A_8 = 0.75751 \times 10^{-2}, A_{10} = -0.35641 \times 10^{-3}$$

[第5面(r5)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.26692, A_4 = -0.38537 \times 10^{-2}, A_6 = 0.64572 \times 10^{-3}, A_8 = -0.20007 \times 10^{-3}, A_{10} = 0.48166 \times 10^{-3}$$

[第6面(r6)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.19644 \times 10^{-1}, A_4 = -0.20508 \times 10^{-1}, A_6 = 0.58512 \times 10^{-2}, A_8 = -0.43953 \times 10^{-4}, A_{10} = -0.11200 \times 10^{-3}$$

[第9面(r9)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.24561 \times 10, A_4 = -0.14117 \times 10^{-1}, A_6 = 0.65211 \times 10^{-3}, A_8 = -0.11832 \times 10^{-4}, A_{10} = -0.56001 \times 10^{-6}$$

[0099]

《実施例 17》

f=7.224, FN0=4.00

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

r1*= 3.085

d1= 1.254 N1=1.48749 ν 1= 70.44(L1)

r2*= 132.361

d2= 0.519

r3= ∞ (ST)

d3= 1.333

r4*= -2.840

d4= 1.370 N2=1.53048 ν 2= 55.72(L2)

r5*= -1.406

d5= 0.215

r6*= -2.977

d6= 1.421 N3=1.58340 ν 3= 30.23(L3)

r7= -4.231

d7= 0.200

r8*= -3.893

d8= 0.929 N4=1.53048 ν 4= 55.72(L4)

r9*= 4.977

d9= 0.500

r10= ∞ d10= 0.700 N5=1.51680 ν 5= 64.20(GF)r11= ∞

[0100]

[第1面(r1)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.53903, A_4 = 0.16932 \times 10^{-2}, A_6 = -0.11741 \times 10^{-3}, A_8 = 0.57949 \times 10^{-4}, A_{10} = -0.71896 \times 10^{-4}$$

[第2面(r2)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.14000 \times 10^2, A_4 = 0.27334 \times 10^{-2}, A_6 = -0.26419 \times 10^{-2}, A_8 = -0.75325 \times 10^{-4}, A_{10} = 0.73080 \times 10^{-4}$$

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.20000 \times 10, A_4 = -0.31677 \times 10^{-1}, A_6 = -0.75942 \times 10^{-2}, A_8 = 0.91685 \times 10^{-2}, A_{10} = 0.41558 \times 10^{-3}$$

[第5面(r5)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.24552, A_4 = -0.52179 \times 10^{-2}, A_6 = 0.25889 \times 10^{-2}, A_8 = 0.68847 \times 10^{-4}, A_{10} = 0.47898 \times 10^{-3}$$

[第6面(r6)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.40102 \times 10^{-1}, A_4 = -0.18898 \times 10^{-1}, A_6 = 0.54964 \times 10^{-2}, A_8 = 0.32997 \times 10^{-3}, A_{10} = -0.26481 \times 10^{-3}$$

[第8面(r8)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A_4 = 0.48378 \times 10^{-3}, A_6 = 0.60634 \times 10^{-3}, A_8 = 0.19793 \times 10^{-4}, A_{10} = -0.16558 \times 10^{-5}$$

[第9面(r9)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.60000 \times 10, A_4 = -0.16306 \times 10^{-1}, A_6 = 0.98140 \times 10^{-3}, A_8 = -0.41108 \times 10^{-4}, A_{10} = 0.65479 \times 10^{-6}$$

[0101]

[0102]

[第1面(r1)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.71501, A_4 = 0.28518 \times 10^{-2}, A_6 = -0.17675 \times 10^{-3}, A_8 = 0.14775 \times 10^{-3}, A_{10} = -0.18376 \times 10^{-4}$$

[第2面(r2)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.16000 \times 10^2, A_4 = 0.63737 \times 10^{-2}, A_6 = -0.12019 \times 10^{-2}, A_8 = 0.11025 \times 10^{-3}, A_{10} = -0.14631 \times 10^{-4}$$

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.17392 \times 10, A_4 = -0.19887 \times 10^{-1}, A_6 = -0.18654 \times 10^{-1}, A_8 = 0.10823 \times 10^{-1}, A_{10} = -0.98268 \times 10^{-3}$$

[第5面(r5)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.25841, A_4 = -0.41793 \times 10^{-3}, A_6 = -0.20223 \times 10^{-3}, A_8 = -0.33463 \times 10^{-3}, A_{10} = 0.23695 \times 10^{-3}$$

[第6面(r6)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.00000, A_4 = -0.14443 \times 10^{-1}, A_6 = 0.39292 \times 10^{-2}, A_8 = -0.46118 \times 10^{-4}, A_{10} = -0.77163 \times 10^{-4}$$

[第8面(r8)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A_4 = 0.39723 \times 10^{-3}, A_6 = 0.28397 \times 10^{-3}, A_8 = 0.18192 \times 10^{-5}, A_{10} = -0.45178 \times 10^{-6}$$

[第9面(r9)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.55782 \times 10, A_4 = -0.11687 \times 10^{-1}, A_6 = 0.76776 \times 10^{-3}, A_8 = -0.49279 \times 10^{-4}, A_{10} = 0.13179 \times 10^{-5}$$

[0103]

《実施例 19》

f=5.457, FNO=3.20

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッベ数]

r1*= 3.253

d1= 1.288 N1=1.48749 ν 1= 70.44(L1)

r2*= -86.056

d2= 0.579

r3= ∞ (ST)

d3= 1.036

r4*= -2.672

d4= 1.199 N2=1.53048 ν 2= 55.72(L2)

r5*= -1.179

d5= 0.100

r6*= -4.423

d6= 1.022 N3=1.58340 ν 3= 30.23(L3)

r7= -7.099

d7= 0.200

r8*= -6.526

d8= 0.956 N4=1.53048 ν 4= 55.72(L4)

r9*= 2.573

d9= 0.500

r10= ∞ d10= 0.500 N5=1.51680 ν 5= 64.20(GF)r11= ∞

[0104]

[第1面(r1)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.61954, A_4 = 0.60178 \times 10^{-2}, A_6 = -0.12105 \times 10^{-2}, A_8 = 0.86233 \times 10^{-3}, A_{10} = -0.15712 \times 10^{-3}$$

[第2面(r2)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.14000 \times 10^2, A_4 = 0.15001 \times 10^{-1}, A_6 = -0.53033 \times 10^{-2}, A_8 = 0.12331 \times 10^{-2}, A_{10} = -0.29962 \times 10^{-3}$$

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.11867 \times 10, A_4 = -0.37808 \times 10^{-1}, A_6 = -0.76004 \times 10^{-1}, A_8 = 0.79954 \times 10^{-1}, A_{10} = -0.14867 \times 10^{-1}$$

[第5面(r5)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.25855, A_4 = 0.51279 \times 10^{-3}, A_6 = -0.23878 \times 10^{-2}, A_8 = -0.21119 \times 10^{-2}, A_{10} = 0.31651 \times 10^{-2}$$

[第6面(r6)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.69924, A_4 = -0.37699 \times 10^{-1}, A_6 = 0.16425 \times 10^{-1}, A_8 = -0.53665 \times 10^{-3}, A_{10} = -0.77077 \times 10^{-3}$$

[第8面(r8)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A_4 = 0.22716 \times 10^{-3}, A_6 = 0.10393 \times 10^{-2}, A_8 = 0.34646 \times 10^{-5}, A_{10} = -0.42799 \times 10^{-5}$$

[第9面(r9)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.56964 \times 10, A_4 = -0.26810 \times 10^{-1}, A_6 = 0.32076 \times 10^{-2}, A_8 = -0.37062 \times 10^{-3}, A_{10} = 0.17192 \times 10^{-4}$$

[0105]

[Table 2]

	(1) (1a) (1b)
	f/Y'
实施例 4	1. 4 6
实施例 5	1. 6 9
实施例 6	1. 6 9
实施例 7	1. 6 4
实施例 8	1. 6 4
实施例 13	1. 4 7
实施例 14	1. 6 4
实施例 15	1. 6 8
实施例 16	1. 6 5
实施例 17	1. 6 4
实施例 18	1. 6 4
实施例 19	1. 6 5

[0106]

[Effect of the Invention]

As explained above, according to this invention, optical-character ability can realize the image pick-up lens being good and for low cost and compact solid state image sensors. And if it uses for digital input devices concerning this invention, such as a camera of cellular-phone loading of an image pick-up lens, and a digital camera, it can contribute to high-performance-izing of the device concerned, advanced features, low-cost-izing, and miniaturization.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The lens block diagram of the gestalt (example 1) of the 1st operation.

[Drawing 2] The lens block diagram of the gestalt (example 2) of the 2nd operation.

[Drawing 3] The lens block diagram of the gestalt (example 3) of the 3rd operation.

[Drawing 4] The lens block diagram of the gestalt (example 4) of the 4th operation.

[Drawing 5] The lens block diagram of the gestalt (example 5) of the 5th operation.

- [Drawing 6] The lens block diagram of the gestalt (example 6) of the 6th operation.
- [Drawing 7] The lens block diagram of the gestalt (example 7) of the 7th operation.
- [Drawing 8] The lens block diagram of the gestalt (example 8) of the 8th operation.
- [Drawing 9] The lens block diagram of the gestalt (example 9) of the 9th operation.
- [Drawing 10] The lens block diagram of the gestalt (example 10) of the 10th operation.
- [Drawing 11] The lens block diagram of the gestalt (example 11) of the 11th operation.
- [Drawing 12] The lens block diagram of the gestalt (example 12) of the 12th operation.
- [Drawing 13] The aberration Fig. of an example 1.
- [Drawing 14] The aberration Fig. of an example 2.
- [Drawing 15] The aberration Fig. of an example 3.
- [Drawing 16] The aberration Fig. of an example 4.
- [Drawing 17] The aberration Fig. of an example 5.
- [Drawing 18] The aberration Fig. of an example 6.
- [Drawing 19] The aberration Fig. of an example 7.
- [Drawing 20] The aberration Fig. of an example 8.
- [Drawing 21] The aberration Fig. of an example 9.
- [Drawing 22] The aberration Fig. of an example 10.
- [Drawing 23] The aberration Fig. of an example 11.
- [Drawing 24] The aberration Fig. of an example 12.
- [Drawing 25] The lens block diagram of the gestalt (example 13) of the 13th operation.
- [Drawing 26] The lens block diagram of the gestalt (example 14) of the 14th operation.
- [Drawing 27] The lens block diagram of the gestalt (example 15) of the 15th operation.
- [Drawing 28] The aberration Fig. of an example 13.
- [Drawing 29] The aberration Fig. of an example 14.
- [Drawing 30] The aberration Fig. of an example 15.
- [Drawing 31] The lens block diagram of the gestalt (example 16) of the 16th operation.
- [Drawing 32] The lens block diagram of the gestalt (example 17) of the 17th operation.
- [Drawing 33] The lens block diagram of the gestalt (example 18) of the 18th operation.
- [Drawing 34] The lens block diagram of the gestalt (example 19) of the 19th operation.
- [Drawing 35] The aberration Fig. of an example 16.
- [Drawing 36] The aberration Fig. of an example 17.
- [Drawing 37] The aberration Fig. of an example 18.
- [Drawing 38] The aberration Fig. of an example 19.
- [Description of Notations]
- L1 -- The 1st lens
- ST -- Aperture diaphragm

L2 -- The 2nd lens

L3 -- The 3rd lens

GF -- Glass filter

AX -- Optical axis

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

- [Drawing 1] The lens block diagram of the gestalt (example 1) of the 1st operation.
- [Drawing 2] The lens block diagram of the gestalt (example 2) of the 2nd operation.
- [Drawing 3] The lens block diagram of the gestalt (example 3) of the 3rd operation.
- [Drawing 4] The lens block diagram of the gestalt (example 4) of the 4th operation.
- [Drawing 5] The lens block diagram of the gestalt (example 5) of the 5th operation.
- [Drawing 6] The lens block diagram of the gestalt (example 6) of the 6th operation.
- [Drawing 7] The lens block diagram of the gestalt (example 7) of the 7th operation.
- [Drawing 8] The lens block diagram of the gestalt (example 8) of the 8th operation.
- [Drawing 9] The lens block diagram of the gestalt (example 9) of the 9th operation.
- [Drawing 10] The lens block diagram of the gestalt (example 10) of the 10th operation.
- [Drawing 11] The lens block diagram of the gestalt (example 11) of the 11th operation.
- [Drawing 12] The lens block diagram of the gestalt (example 12) of the 12th operation.
- [Drawing 13] The aberration Fig. of an example 1.
- [Drawing 14] The aberration Fig. of an example 2.
- [Drawing 15] The aberration Fig. of an example 3.
- [Drawing 16] The aberration Fig. of an example 4.
- [Drawing 17] The aberration Fig. of an example 5.
- [Drawing 18] The aberration Fig. of an example 6.
- [Drawing 19] The aberration Fig. of an example 7.
- [Drawing 20] The aberration Fig. of an example 8.
- [Drawing 21] The aberration Fig. of an example 9.
- [Drawing 22] The aberration Fig. of an example 10.
- [Drawing 23] The aberration Fig. of an example 11.
- [Drawing 24] The aberration Fig. of an example 12.
- [Drawing 25] The lens block diagram of the gestalt (example 13) of the 13th operation.

[Drawing 26] The lens block diagram of the gestalt (example 14) of the 14th operation.

[Drawing 27] The lens block diagram of the gestalt (example 15) of the 15th operation.

[Drawing 28] The aberration Fig. of an example 13.

[Drawing 29] The aberration Fig. of an example 14.

[Drawing 30] The aberration Fig. of an example 15.

[Drawing 31] The lens block diagram of the gestalt (example 16) of the 16th operation.

[Drawing 32] The lens block diagram of the gestalt (example 17) of the 17th operation.

[Drawing 33] The lens block diagram of the gestalt (example 18) of the 18th operation.

[Drawing 34] The lens block diagram of the gestalt (example 19) of the 19th operation.

[Drawing 35] The aberration Fig. of an example 16.

[Drawing 36] The aberration Fig. of an example 17.

[Drawing 37] The aberration Fig. of an example 18.

[Drawing 38] The aberration Fig. of an example 19.

[Description of Notations]

L1 -- The 1st lens

ST -- Aperture diaphragm

L2 -- The 2nd lens

L3 -- The 3rd lens

GF -- Glass filter

AX -- Optical axis

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-163849

(P2004-163849A)

(43) 公開日 平成16年6月10日(2004. 6. 10)

(51) Int. Cl.⁷

G02B 13/00

G02B 13/18

F I

G02B 13/00

G02B 13/18

テーマコード (参考)

2H087

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 59 頁)

(21) 出願番号 特願2003-22180 (P2003-22180)
 (22) 出願日 平成15年1月30日 (2003. 1. 30)
 (31) 優先権主張番号 特願2002-220692 (P2002-220692)
 (32) 優先日 平成14年7月30日 (2002. 7. 30)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2002-272939 (P2002-272939)
 (32) 優先日 平成14年9月19日 (2002. 9. 19)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000006079
 ミノルタ株式会社
 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル
 (74) 代理人 100085501
 弁理士 佐野 静夫
 (74) 代理人 100111811
 弁理士 山田 茂樹
 (72) 発明者 磯野 雅史
 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

最終頁に続く

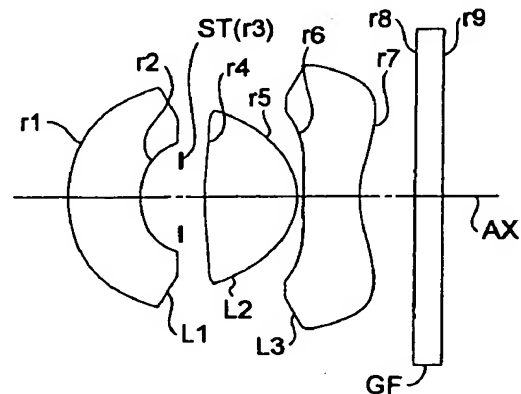
(54) 【発明の名称】 撮像レンズ

(57) 【要約】

【課題】 光学性能が良好で低コスト・コンパクトな固体撮像素子用の撮像レンズを提供する。

【解決手段】 固体撮像素子に像を形成するレンズ3枚構成の撮像レンズであって、物体側から順に、パワーの弱い第1レンズ(L1)、開口絞り(ST)、正の第2レンズ(L2)、像側に凹面を向けた負の第3レンズ(L3)で構成され、条件式： $|f/f_1| < 0.6$ 、 $-2.2 < f/f_3 < -0.79$ (f ：全系の焦点距離、 f_1 ：第1レンズ(L1)の焦点距離、 f_3 ：第3レンズ(L3)の焦点距離) を満足する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

固体撮像素子に像を形成するレンズ 3 枚構成の撮像レンズであって、物体側から順に、パワーの弱い第 1 レンズと、開口絞りと、正の第 2 レンズと、像側に凹面を向けた負の第 3 レンズとで構成され、以下の条件式 (A0) 及び (A1) を満足することを特徴とする撮像レンズ；

$$|f/f_1| < 0.6 \quad \cdots (A0)$$

$$-2.2 < f/f_3 < -0.79 \quad \cdots (A1)$$

ただし、

f：全系の焦点距離、

f₁：第 1 レンズの焦点距離、

f₃：第 3 レンズの焦点距離、

である。

【請求項 2】

固体撮像素子に像を形成するレンズ 3 枚構成の撮像レンズであって、物体側から順に、正の第 1 レンズと、開口絞りと、正の第 2 レンズと、負の第 3 レンズとで構成され、以下の条件式 (A2) を満足することを特徴とする撮像レンズ；

$$-2.6 < f_3/f_1 < -0.15 \quad \cdots (A2)$$

ただし、

f₃：第 3 レンズの焦点距離、

f₁：第 1 レンズの焦点距離、

である。

【請求項 3】

固体撮像素子に像を形成するレンズ 3 枚構成の撮像レンズであって、物体側から順に、正の第 1 レンズと、開口絞りと、像側凸の正のメニスカス形状の第 2 レンズと、像側凹の負のメニスカス形状の第 3 レンズとで構成され、以下の条件式 (A3) を満足することを特徴とする撮像レンズ；

$$0.05 < T_6/f < 0.5 \quad \cdots (A3)$$

ただし、

T₆：第 3 レンズの軸上レンズ厚み、

f：全系の焦点距離、

である。

【請求項 4】

固体撮像素子に像を形成するレンズ 3 枚構成の撮像レンズであって、物体側から順に、正の第 1 レンズと、開口絞りと、正の第 2 レンズと、正の第 3 レンズとで構成され、以下の条件式 (B1) を満足することを特徴とする撮像レンズ；

$$0.2 < f/f_3 < 0.4 \quad \cdots (B1)$$

ただし、

f：全系の焦点距離、

f₃：第 3 レンズの焦点距離、

である。

【請求項 5】

固体撮像素子に像を形成するレンズ 3 枚構成の撮像レンズであって、物体側から順に、物体側凸の正のメニスカスレンズと、開口絞りと、像側凸の正レンズと、像側凸の正のメニスカスレンズとで構成され、以下の条件式 (B3) を満足することを特徴とする撮像レンズ；

$$0.05 < T_6/f < 0.4 \quad \cdots (B3)$$

ただし、

T₆：第 3 レンズの軸上レンズ厚み、

f：全系の焦点距離、

である。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は撮像レンズに関するものであり、更に詳しくは被写体の映像を固体撮像素子で取り込むデジタル入力機器(デジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラ等)に適した小型の撮像レンズに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、パーソナルコンピュータ等の普及に伴い、手軽に画像情報をデジタル機器に取り込むことができるデジタルスチルカメラやデジタルビデオカメラ等(以下単に「デジタルカメラ」という。)が個人ユーザーレベルで普及しつつある。このようなデジタルカメラは、今後も画像情報の入力機器として益々普及することが予想される。

【0003】

また、デジタルカメラに搭載されるCCD(Charge Coupled Device)等の固体撮像素子の小型化が進展してきており、それに伴ってデジタルカメラにも一層の小型化が求められている。このため、デジタル入力機器において最大の容積を占める撮像レンズにも、コンパクト化が強く要望されている。撮像レンズを小型化するには固体撮像素子のサイズを小さくするのが最も容易な方法ではあるが、そのためには受光素子のサイズを小さくする必要があり、固体撮像素子の製造難易度が上がるとともに撮像レンズに要求される性能も高くなる。

【0004】

一方、固体撮像素子のサイズをそのままにして撮像レンズのサイズを小さくすると、必然的に射出瞳位置が像面に近づいてしまう。射出瞳位置が像面に近づくと、撮像レンズから射出された軸外光束が像面に対して斜めに入射するため、固体撮像素子の前面に設けられているマイクロレンズの集光性能が十分に発揮されず、画像の明るさが画像中央部と画像周辺部とで極端に変化するという問題が生じることになる。この問題を解決するために撮像レンズの射出瞳位置を遠くに離そうとすると、どうしても撮像レンズ全体の大型化が避けられなくなる。

【0005】

さらに近年の低価格化競争のため、撮像レンズにも低コスト化の要望が強くなってきている。以上のような要望に対し、レンズ3枚構成の撮像レンズが特許文献1～3で提案されている。

【0006】

【特許文献1】

特開2001-272598号公報

【特許文献2】

特開2002-698889号公報

【特許文献3】

特開平11-52227号公報

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

特許文献1に開示されているレンズ3枚構成の撮像レンズは、焦点距離に対して全長が約3倍程度であり、コンパクトになっていない。特許文献2に開示されている撮像レンズは、焦点距離に対して全長が約2倍程度とコンパクトではあるが、ガラスレンズを2枚も使用しているため低コストになっていない。特許文献3に開示されている撮像レンズは、焦点距離に対して全長が約2.5倍程度であり、コンパクトになっていない。また画角が約40度であり、撮像レンズとして使用するには画角が不十分である。

【0008】

本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであって、光学性能が良好で低コストかつコンパクトな固体撮像素子用の撮像レンズを提供することを目的とする。

10

20

30

40

50

【0009】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、第1の発明の撮像レンズは、固体撮像素子に像を形成するレンズ3枚構成の撮像レンズであって、物体側から順に、パワーの弱い第1レンズと、開口絞りと、正の第2レンズと、像側に凹面を向けた負の第3レンズとで構成され、以下の条件式(A0)及び(A1)を満足することを特徴とする。

$$|f/f_1| < 0.6 \quad \dots (A0)$$

$$-2.2 < f/f_3 < -0.79 \quad \dots (A1)$$

ただし、

f：全系の焦点距離、

f₁：第1レンズの焦点距離、

f₃：第3レンズの焦点距離、

である。

【0010】

第2の発明の撮像レンズは、固体撮像素子に像を形成するレンズ3枚構成の撮像レンズであって、物体側から順に、正の第1レンズと、開口絞りと、正の第2レンズと、負の第3レンズとで構成され、以下の条件式(A2)を満足することを特徴とする。

$$-2.6 < f_3/f_1 < -0.15 \quad \dots (A2)$$

ただし、

f₃：第3レンズの焦点距離、

f₁：第1レンズの焦点距離、

である。

【0011】

第3の発明の撮像レンズは、固体撮像素子に像を形成するレンズ3枚構成の撮像レンズであって、物体側から順に、正の第1レンズと、開口絞りと、像側凸の正のメニスカス形状の第2レンズと、像側凹の負のメニスカス形状の第3レンズとで構成され、以下の条件式(A3)を満足することを特徴とする。

$$0.05 < T_6/f < 0.5 \quad \dots (A3)$$

ただし、

T₆：第3レンズの軸上レンズ厚み、

f：全系の焦点距離、

である。

【0012】

第4の発明の撮像レンズは、固体撮像素子に像を形成するレンズ3枚構成の撮像レンズであって、物体側から順に、正の第1レンズと、開口絞りと、正の第2レンズと、正の第3レンズとで構成され、以下の条件式(B1)を満足することを特徴とする。

$$0.2 < f/f_3 < 0.4 \quad \dots (B1)$$

ただし、

f：全系の焦点距離、

f₃：第3レンズの焦点距離、

である。

【0013】

第5の発明の撮像レンズは、固体撮像素子に像を形成するレンズ3枚構成の撮像レンズであって、物体側から順に、物体側凸の正のメニスカスレンズと、開口絞りと、像側凸の正のメニスカスレンズとで構成され、以下の条件式(B3)を満足することを特徴とする。

$$0.05 < T_6/f < 0.4 \quad \dots (B3)$$

ただし、

T₆：第3レンズの軸上レンズ厚み、

f：全系の焦点距離、

10

20

30

40

50

である。

【0014】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係る撮像レンズの実施の形態を、図面を参照しつつ説明する。図1～図12に、第1～第12の実施の形態のレンズ構成をそれぞれ光学断面で示す。各実施の形態の撮像レンズはいずれも、固体撮像素子(例えばCCD)に対して光学像を形成する撮像用(例えばデジタルカメラ用)の単焦点レンズであって、物体側から順に、第1レンズ(L1)、開口絞り(ST)、第2レンズ(L2)及び第3レンズ(L3)のレンズ3枚構成になっている。3枚のレンズ(L1～L3)はいずれもプラスチックレンズであり、各レンズ面(r1, r2, r4～r7)は非球面である。また第3レンズ(L3)の像側には、光学的ローパスフィルター等に相当する平行平板状のガラスフィルター(GF)が配置されている。

10

【0015】

第1～第5の実施の形態(図1～図5)の光学構成は、物体側から順に、パワー(焦点距離の逆数で定義される量)の弱い負又は正の第1レンズ(L1)と、開口絞り(ST)と、正の第2レンズ(L2)と、負の第3レンズ(L3)と、ガラスフィルター(GF)とから成っており、第6～第8の実施の形態(図6～図8)の光学構成は、物体側から順に、正の第1レンズ(L1)と、開口絞り(ST)と、正の第2レンズ(L2)と、負の第3レンズ(L3)と、ガラスフィルター(GF)とから成っており、第9～第12の実施の形態(図9～図12)の光学構成は、物体側から順に、正の第1レンズ(L1)と、開口絞り(ST)と、正の第2レンズ(L2)と、正の第3レンズ(L3)と、ガラスフィルター(GF)とから成っている。そこで、第1～第8の実施の形態で採用している(負又は正)・正・負のレンズ3枚構成をレンズタイプAとし、第9～第12の実施の形態で採用している正・正・正のレンズ3枚構成をレンズタイプBとして、各実施の形態の特徴を以下に説明する。

20

【0016】

〈レンズタイプA…(負又は正)・正・負〉

第1～3の実施の形態(図1～図3)では、第1レンズ(L1)が物体側に凸面を向けたパワーの弱い負のメニスカス形状を有しており、第2レンズ(L2)が正の両凸形状を有しており、第3レンズ(L3)が像側に凹面を向けた負のメニスカス形状を有している。このように、物体側から順に、パワーの弱い負メニスカスレンズから成る第1レンズ(L1)と、開口絞り(ST)と、両凸の正レンズから成る第2レンズ(L2)と、像側に凹の負メニスカスレンズから成る第3レンズ(L3)と、でパワー配置が負・正・負のレンズタイプAを構成することは、撮像レンズの光学性能、コスト及びコンパクト性を良好にバランスさせる上で好ましい。

30

【0017】

第4、第5の実施の形態(図4、図5)では、第1レンズ(L1)が弱い正のパワーを有しており、第2レンズ(L2)が像側に凸面を向けた正のメニスカス形状を有しており、第3レンズ(L3)が像側に凹面を向けた負のメニスカス形状を有している。このように、物体側から順に、弱いパワーの正レンズから成る第1レンズ(L1)と、開口絞り(ST)と、像側に凸の正メニスカスレンズから成る第2レンズ(L2)と、像側に凹の負メニスカスレンズから成る第3レンズ(L3)と、でパワー配置が正・正・負のレンズタイプAを構成することは、撮像レンズの光学性能、コスト及びコンパクト性を良好にバランスさせる上で好ましい。

40

【0018】

第6～第8の実施の形態(図6～図8)では、第1レンズ(L1)が正のパワーを有しており、第2レンズ(L2)が像側に凸面を向けた正のメニスカス形状を有しており、第3レンズ(L3)が像側に凹面を向けた負のメニスカス形状を有している。このように、物体側から順に、正レンズから成る第1レンズ(L1)と、開口絞り(ST)と、像側に凸の正メニスカスレンズから成る第2レンズ(L2)と、像側に凹の負メニスカスレンズから成る第3レンズ(L3)と、でパワー配置が正・正・負のレンズタイプAを構成することは、撮像レンズの光学性能、コスト及びコンパクト性を良好にバランスさせる上で好ましい。

【0019】

レンズタイプAの撮像レンズにおいて、満たすことが望ましい条件式を以下に説明する。

50

ただし、以下に説明する全ての条件式を同時に満たす必要はなく、個々の条件式を光学構成に応じてそれぞれ単独に満足すれば、対応する作用・効果を達成することは可能である。もちろん、複数の条件式を満足する方が、光学性能、小型化、組立等の観点からより望ましいことはいうまでもない。

【0020】

第1～第5の実施の形態では第1レンズ(L1)が弱いパワーを有しているが、そのパワーは以下の条件式(A0)を満足するものであることが望ましい。

$$|f/f1| < 0.6 \quad \cdots (A0)$$

ただし、

f：全系の焦点距離、

f1：第1レンズ(L1)の焦点距離、
である。

【0021】

条件式(A0)は、パワーの弱い第1レンズ(L1)に関して、主に製造誤差に伴う性能劣化を減少させるための条件範囲を規定している。条件式(A0)の範囲を外れると、第1レンズ(L1)のパワーが強くなりすぎて、結果として第1レンズ(L1)で発生する各収差が大きくなり、第2レンズ(L2)以降の収差補正負担が大きくなり、製造誤差に伴う性能劣化が激しくなる。

【0022】

第3レンズ(L3)に関しては以下の条件式(A1)を満足することが望ましく、前記条件式(A0)と共に満足することが更に望ましい。

$$-2.2 < f/f3 < -0.79 \quad \cdots (A1)$$

ただし、

f：全系の焦点距離、

f3：第3レンズ(L3)の焦点距離、
である。

【0023】

条件式(A1)は、第3レンズ(L3)に関して主にコマ収差をバランスさせるための条件範囲を規定している。条件式(A1)の下限を超えると、コマ収差が悪化し倍率色収差への悪影響が大きくなる。逆に、条件式(A1)の上限を超えると、コマ収差が悪化し非点収差への悪影響が大きくなる。

【0024】

第4～第8の実施の形態のようにパワー配置が正・正・負のレンズタイプAでは、第1、第3レンズ(L1, L3)に関して以下の条件式(A2)を満足することが望ましく、なかでも以下の条件式(A2a)を満足することが望ましく、条件式(A2b)を満足することが更に望ましい。

$$-2.6 < f3/f1 < -0.15 \quad \cdots (A2)$$

$$-1.1 < f3/f1 < -0.15 \quad \cdots (A2a)$$

$$-0.35 < f3/f1 < -0.15 \quad \cdots (A2b)$$

ただし、

f3：第3レンズ(L3)の焦点距離、

f1：第1レンズ(L1)の焦点距離、
である。

【0025】

条件式(A2), (A2a), (A2b)は、主に全長と収差をバランスさせるための条件範囲を規定している。条件式(A2)の上限を超えると、収差補正には有利となるが、全長の増大を招くことになる。逆に、条件式(A2)の下限を超えると、全長短縮には有利となるが、収差劣化(特に歪曲収差と像面湾曲の劣化)が著しくなる。

【0026】

また第3レンズ(L3)に関しては、以下の条件式(A3)を満足することが望ましく、なかでも以下の条件式(A3a)を満足することが更に望ましい。また、前記条件式(A0), (A1), (A2), (A

10

20

30

40

50

2a), (A2b)のうちの少なくとも1つと共に満足することが更に望ましい。第4～第8の実施の形態のようにパワー配置が正・正・負のレンズタイプAでは、第2レンズ(L2)が像側凸の正のメニスカス形状を有し、第3レンズ(L3)が像側凹の負のメニスカス形状を有するとともに、以下の条件式(A3)を満足することが望ましく、なかでも以下の条件式(A3a)を満足することが更に望ましい。

$$0.05 < T6/f < 0.5 \quad \dots (A3)$$

$$0.05 < T6/f < 0.4 \quad \dots (A3a)$$

ただし、

T6: 第3レンズ(L3)の軸上レンズ厚み、

f: 全系の焦点距離、

である。

10

【0027】

条件式(A3), (A3a)は、第3レンズ(L3)に関して主に倍率色収差とレンズの製造性をバランスさせるための条件範囲を規定している。条件式(A3)の上限を超えると、倍率色収差を良好に補正することが困難になる。逆に、条件式(A3)の下限を超えると、レンズの厚みが薄すぎて製造が困難になる。

【0028】

〈レンズタイプB…正・正・正〉

第9～第12の実施の形態(図9～図12)では、第1レンズ(L1)が物体側に凸面を向けた正のメニスカス形状を有しており、第2レンズ(L2)が像側に凸面を向けた正のメニスカス形状を有しており、第3レンズ(L3)が像側に凸面を向けた正のメニスカス形状を有している。このように、物体側から順に、物体側に凸の正メニスカスレンズから成る第1レンズ(L1)と、開口絞り(ST)と、像側に凸の正レンズから成る第2レンズ(L2)と、像側に凸の正メニスカスレンズから成る第3レンズ(L3)と、でレンズタイプBを構成することは、撮像レンズの光学性能、コスト及びコンパクト性を良好にバランスさせる上で好ましい。

20

【0029】

レンズタイプBの撮像レンズにおいて、満たすことが望ましい条件式を以下に説明する。ただし、以下に説明する全ての条件式を同時に満たす必要はなく、個々の条件式を光学構成に応じてそれぞれ単独に満足すれば、対応する作用・効果を達成することは可能である。もちろん、複数の条件式を満足する方が、光学性能、小型化、組立等の観点からより望ましいことはいうまでもない。

30

【0030】

第3レンズ(L3)に関しては、以下の条件式(B1)を満足することが望ましい。

$$0.2 < f/f3 < 0.4 \quad \dots (B1)$$

ただし、

f: 全系の焦点距離、

f3: 第3レンズ(L3)の焦点距離、

である。

【0031】

条件式(B1)は、第3レンズ(L3)に関して主にコマ収差をバランスさせるための条件範囲を規定している。条件式(B1)の下限を超えると、コマ収差が悪化し倍率色収差への悪影響が大きくなる。逆に、条件式(B1)の上限を超えると、コマ収差が悪化し非点収差への悪影響が大きくなる。

40

【0032】

第1、第3レンズ(L1, L3)に関しては、以下の条件式(B2)を満足することが望ましい。

$$0.5 < f3/f1 < 2.6 \quad \dots (B2)$$

ただし、

f3: 第3レンズ(L3)の焦点距離、

f1: 第1レンズ(L1)の焦点距離、

である。

50

【0033】

条件式(B2)は、主に全長と収差をバランスさせるための条件範囲を規定している。条件式(B2)の上限を超えると、収差補正には有利となるが、全長の増大を招くことになる。逆に、条件式(B2)の下限を超えると、全長短縮には有利となるが、収差劣化(特に歪曲収差と像面湾曲の劣化)が著しくなる。

【0034】

また、第3レンズ(L3)に関しては以下の条件式(B3)を満足することが望ましく、第1レンズ(L1)が物体側凸の正のメニスカレンズから成り、第2レンズ(L2)が像側凸の正レンズから成り、第3レンズ(L3)が像側凸の正のメニスカスレンズから成るレンズタイプBのレンズ3枚構成において、以下の条件式(B3)を満足することが更に望ましい。

10

$$0.05 < T6/f < 0.4 \quad \dots (B3)$$

ただし、

T6: 第3レンズ(L3)の軸上レンズ厚み、

f: 全系の焦点距離、

である。

【0035】

条件式(B3)は、第3レンズ(L3)に関して主に倍率色収差とレンズの製造性をバランスさせるための条件範囲を規定している。条件式(B3)の上限を超えると、倍率色収差を良好に補正することが困難になる。逆に、条件式(B3)の下限を超えると、レンズの厚みが薄すぎて製造が困難になる。

20

【0036】

〈レンズタイプA、Bに共通の望ましい構成〉

先に述べたように、第1～第12の実施の形態に用いられている第1～第3レンズ(L1～L3)はいずれもプラスチックレンズであり、各レンズ面(r1, r2, r4～r7)は非球面である。このように、全てのレンズ(L1～L3)をプラスチックレンズで構成することが望ましく、また、全てのレンズ(L1～L3)の少なくとも1面を非球面で構成することが望ましい。全てのレンズ(L1～L3)をプラスチックレンズで構成することは、撮像レンズの低コスト化を達成する上で有効であり、また、各レンズ(L1～L3)に非球面を少なくとも1面用いることは、球面収差、コマ収差及び歪曲収差の補正に大きな効果がある。

30

【0037】

第1～第12の実施の形態の撮像レンズは、入射光線を屈折により偏向させる屈折型レンズ(つまり、異なる屈折率を有する媒質同士の界面で偏向が行われるタイプのレンズ)のみで構成されているが、これに限らない。例えば、回折により入射光線を偏向させる回折型レンズ、回折作用と屈折作用との組み合わせで入射光線を偏向させる屈折・回折ハイブリッド型レンズ、入射光線を媒質内の屈折率分布により偏向させる屈折率分布型レンズ等を用いてもよい。ただし、媒質内で屈折率が変化する屈折率分布型レンズは、その複雑な製法がコストアップを招くため、本発明に係る撮像レンズでは第1～第3レンズ(L1～L3)として均質素材レンズを用いることが望ましい。

【0038】

また第1～第12の実施の形態において、絞り(ST)のほかに不要光をカットするための光束規制板等を必要に応じて配置してもよく、プリズム類(例えば直角プリズム)、ミラー類(例えば平面ミラー)等を用いて、光学的なパワー(焦点距離の逆数で定義される量)を有しない面(例えば、反射面、屈折面、回折面)を光路中に配置することにより、撮像レンズの前、後又は途中で光路を折り曲げてよい。その折り曲げ位置は必要に応じて設定すればよく、光路の適正な折り曲げにより、撮像レンズが搭載されるデジタル入力機器(デジタルカメラ等)の見かけ上の薄型化やコンパクト化を達成することが可能である。

40

【0039】

第1～第12の実施の形態の撮像レンズは、デジタル入力機器用の小型撮像レンズとしての使用に適しており、これを光学的ローパスフィルターや固体撮像素子と組み合わせることにより、被写体の映像を光学的に取り込んで電氣的な信号として出力する撮像レンズ装

50

置を構成することができる。撮像レンズ装置は、被写体の静止画撮影や動画撮影に用いられるカメラ(例えば、デジタルカメラ;ビデオカメラ;デジタルビデオユニット、パーソナルコンピュータ、モバイルコンピュータ、ペン型スキャナー、携帯電話、携帯情報端末(PDA: Personal Digital Assistant)、これらの周辺機器(マウス、スキャナー、プリンター、その他のデジタル入出力機器)等に内蔵又は外付けされるカメラ}の主たる構成要素であり、例えば、物体(被写体)側から順に、物体の光学像を形成する撮像レンズと、光学的ローパスフィルター、赤外カットフィルター等の光学フィルターと、撮像レンズにより形成された光学像を電気的な信号に変換する固体撮像素子と、で構成される。

【0040】

したがって、上述した第1～第12の実施の形態には以下の構成を有する発明(i)～(vi)が含まれており、その構成により、良好な光学性能を有し低コストでコンパクトな撮像レンズ装置を実現することができる。そして、これをデジタルカメラ等に適用すれば、当該カメラの高性能化、高機能化、低コスト化及びコンパクト化に寄与することができる。

(i) 光学像を形成する撮像レンズと、その撮像レンズにより形成された光学像を電気的な信号に変換する固体撮像素子と、を備えた撮像レンズ装置であって、前記撮像レンズが、物体側から順に、正又は負のパワーを有する第1レンズと、正のパワーを有する第2レンズと、負のパワーを有する第3レンズと、のレンズ3枚で構成され、前記条件式(A0)、(A1)、(A2)、(A2a)、(A2b)、(A3)、(A3a)のうちの少なくとも1つを満足することを特徴とする撮像レンズ装置。

(ii) 光学像を形成する撮像レンズと、その撮像レンズにより形成された光学像を電気的な信号に変換する固体撮像素子と、を備えた撮像レンズ装置であって、前記撮像レンズが、物体側から順に、正のパワーを有する第1レンズと、正のパワーを有する第2レンズと、正のパワーを有する第3レンズと、のレンズ3枚で構成され、前記条件式(B1)、(B2)、(B3)のうちの少なくとも1つを満足することを特徴とする撮像レンズ装置。

(iii) 更に前記第1レンズと前記第2レンズとの間に開口絞りを有することを特徴とする上記(i)又は(ii)記載の撮像レンズ装置。

(iv) 前記第1～第3レンズがプラスチックレンズで構成されていることを特徴とする上記(i)～(iii)のいずれか1つに記載の撮像レンズ装置。

(v) 前記第1～第3レンズがそれぞれ非球面を少なくとも1面有することを特徴とする上記(i)～(iv)のいずれか1つに記載の撮像レンズ装置。

(vi) 前記第1～第3レンズが均質素材レンズで構成されていることを特徴とする上記(i)～(v)のいずれか1つに記載の撮像レンズ装置。

【0041】

固体撮像素子としては、例えば複数の画素から成るCCDやCMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)センサー等が用いられ、撮像レンズにより形成された光学像は固体撮像素子により電気的な信号に変換される。撮像レンズで形成されるべき光学像は、固体撮像素子の画素ピッチにより決定される所定の遮断周波数特性を有する光学的ローパスフィルターを通過することにより、電気的な信号に変換される際に発生するいわゆる折り返しノイズが最小化されるように、空間周波数特性が調整される。固体撮像素子で生成した信号は、必要に応じて所定のデジタル画像処理や画像圧縮処理等が施されて、デジタル映像信号としてメモリー(半導体メモリー、光ディスク等)に記録されたり、場合によってはケーブルを介したり赤外線信号に変換されたりして他の機器に伝送される。

【0042】

なお、撮像レンズの最終面と固体撮像素子との間に配置される光学的ローパスフィルターは、第1～第12の実施の形態ではガラスフィルター(GF)で構成されているが、使用されるデジタル入力機器に応じたものであればよい。例えば、所定の結晶軸方向が調整された水晶等を材料とする複屈折型ローパスフィルターや、必要とされる光学的な遮断周波数の特性を回折効果により達成する位相型ローパスフィルター等が適用可能である。

【0043】

《物体側から正・正・負の順にレンズを有するレンズ3枚以上のレンズタイプ》

10

20

30

40

50

次に、正・正・負タイプの撮像レンズの他の実施の形態を、図面を参照しつつ説明する。図25～図27に、第13～第15の実施の形態のレンズ構成をそれぞれ光学断面で示す。第13～第15の実施の形態の撮像レンズはいずれも、固体撮像素子(例えばCCD)に対して光学像を形成する撮像用(例えばデジタルカメラ用)の単焦点レンズである。そして、物体側から順に、正の第1レンズ(L1)と、開口絞り(ST)と、正の第2レンズ(L2)と、像面側に凹面を向けた負の第3レンズ(L3)と、のレンズ3枚構成になっており、その像面側には光学的ローパスフィルター等に相当する平行平板状のガラスフィルター(GF)が配置されている。また、第13～第15の実施の形態において、すべてのレンズ面(r1, r2, r4～r7)は非球面になっている。

【0044】

第13～第15の実施の形態のレンズ構成を更に詳しく説明する。第13の実施の形態において、第1レンズ(L1)は像面側に凸面を向けた正のメニスカス形状を有するプラスチックレンズであり、第2レンズ(L2)は像面側に凸面を向けた正のメニスカス形状を有するガラスレンズであり、第3レンズ(L3)は像面側に凹面を向けた負のメニスカス形状を有するプラスチックレンズである。第14の実施の形態において、第1レンズ(L1)は物体側に凸面を向けた正のメニスカス形状を有するガラスレンズであり、第2レンズ(L2)は像面側に凸面を向けた正のメニスカス形状を有するプラスチックレンズであり、第3レンズ(L3)は両凹形状を有する負のプラスチックレンズである。第15の実施の形態において、第1レンズ(L1)は物体側に凸面を向けた正のメニスカス形状を有するガラスレンズであり、第2レンズ(L2)は像面側に凸面を向けた正のメニスカス形状を有するプラスチックレンズであり、第3レンズ(L3)は像面側に凹面を向けた負のメニスカス形状を有するプラスチックレンズである。

【0045】

第13～第15の実施の形態のように、パワー配置が正・正・負のレンズタイプにおいて、第1、第2レンズ(L1, L2)のうちのいずれか一方をガラスレンズ、他方をプラスチックレンズとし、第3レンズ(L3)を像面側に凹面を向けたプラスチックレンズとすることにより、固体撮像素子用の撮像レンズに必要な射出瞳位置、光学性能、コスト、コンパクト性及び製造性を良好にバランスさせることが可能となる。

【0046】

次に、正・正・負・負タイプの撮像レンズの実施の形態を、図面を参照しつつ説明する。図31～図34に、第16～第19の実施の形態のレンズ構成をそれぞれ光学断面で示す。第16～第19の実施の形態の撮像レンズはいずれも、固体撮像素子(例えばCCD)に対して光学像を形成する撮像用(例えばデジタルカメラ用)の単焦点レンズである。そして、物体側から順に、正の前群(GrF)と、開口絞り(ST)と、負又は正の後群(GrR)とから成っており、その像側には光学的ローパスフィルター等に相当する平行平板状のガラスフィルター(GF)が配置されている。前群(GrF)は、正レンズから成る第1レンズ(L1)1枚で構成されており、後群(GrR)は、物体側から順に、正レンズから成る第2レンズ(L2)と、負レンズから成る第3レンズ(L3)と、負レンズから成る第4レンズ(L4)との3枚で構成されている。つまり第16～第19の実施の形態の撮像レンズは、物体側から順に、正の第1レンズ(L1)と、開口絞り(ST)と、正の第2レンズ(L2)と、負の第3レンズ(L3)と、負の第4レンズ(L4)と、のレンズ4枚構成になっている。なお、各レンズ構成図(図31～図34)中、 r_i ($i=1, 2, 3, \dots$)が付された面は物体側から数えて i 番目の面であり、 r_i に*印が付された面は非球面である。

【0047】

第16～第19の実施の形態のレンズ構成を更に詳しく説明する。第16～第18の実施の形態において、第1レンズ(L1)は物体側に凸面を向けたメニスカス形状を有する正のガラスレンズであり、第2レンズ(L2)は像側に凸面を向けたメニスカス形状を有する正のプラスチックレンズであり、第3レンズ(L3)は像側に凸面を向けたメニスカス形状を有する負のプラスチックレンズであり、第4レンズ(L4)は両凹形状を有する負のプラスチックレンズである。そして、前群(GrF)は正のパワーを有しており、後群(GrR)は負のパワーを有

10

20

30

40

50

している。第19の実施の形態において、第1レンズ(L1)は両凸形状を有する正のガラスレンズであり、第2レンズ(L2)は像側に凸面を向けたメニスカス形状を有する正のプラスチックレンズであり、第3レンズ(L3)は像側に凸面を向けたメニスカス形状を有する負のプラスチックレンズであり、第4レンズ(L4)は両凹形状を有する負のプラスチックレンズである。そして、前群(GrF)、後群(GrR)共に正のパワーを有している。

【0048】

第16～第19の実施の形態のように、物体側から順に、物体側に凸の正レンズと、開口絞り(ST)と、像側に凸の正メニスカスレンズと、像側に凸の負メニスカスレンズと、少なくとも像側面が非球面で像側に凹の負レンズと、のレンズ4枚構成を採用することにより、高い光学性能と適正な射出瞳位置を実現しながらレンズ系のコンパクト化及び低コスト化を達成することができる。また、第16～第19の実施の形態のようにガラスレンズとプラスチックレンズを適切に配置すること、つまり第1レンズ(L1)のみをガラスレンズで構成し、それ以外のレンズ(L2～L4)をすべてプラスチックレンズで構成することによって、光学性能が良好で低コストかつコンパクトな撮像レンズを実現することができる。また、第1レンズ(L1)のみをガラスレンズで構成することにより、温度変化に対して性能劣化が少なくなり広い温度範囲で光学性能が良好となる。

【0049】

前述したように、固体撮像素子用の撮像レンズには、高性能化、小型化及び低コスト化が求められているが、射出瞳位置を遠くに離そうとすると撮像レンズ全体の大型化を招いてしまう。さらに近年の低価格化競争のため、撮像レンズにも低コスト化の要望が強くなってきており、また近年の固体撮像素子の高密度化により撮像レンズに要求される性能もより高いものになってきている。以上のような要望に対し、コンパクト化を目指した固体撮像素子用撮像レンズが、特開2000-180719号公報、特開2002-228922号公報等で提案されている。

【0050】

しかし、特開2000-180719号公報記載の撮像レンズは、画角が50度以下であり、撮像レンズとして使用するには画角が不十分である。一方、特開2002-228922号公報記載の撮像レンズは、画角が60度以上であり、撮像レンズとして使用するのに十分な画角といえる。しかし、開口絞りの位置がレンズ系の前方に位置しているため、周辺性能に対する製造誤差が厳しくなりやすい構成になっている。したがって、周辺性能を維持するのは困難である。また、特開2000-180719号公報、特開2002-228922号公報記載の撮像レンズは、いずれも物体側から順に正レンズ、負レンズの並びになっている。これらのように負レンズがレンズ系の前方に位置する構成では、コンパクト化が困難になってしまう。

【0051】

上記問題点は、物体側から正・正・負の順にレンズを有するレンズ3枚以上のレンズタイプ、例えば、第4～第8の実施の形態(正・正・負のレンズ3枚)、第13～第15の実施の形態(正・正・負のレンズ3枚)、第16～第19の実施の形態(正・正・負・負のレンズ4枚)の構成を採用することにより解消可能である。つまり、レンズを適切に配置することによりコンパクトにしながらも、最終レンズ面形状を最適にすることにより射出瞳位置をより遠くに位置させることができ、光学性能が良好で低コストかつコンパクトな固体撮像素子用の撮像レンズを提供することが可能である。その特徴的構成を以下に詳述する。

【0052】

第4～第8、第13～第19の実施の形態は、固体撮像素子に像を形成する撮像レンズであって、物体側から順に、2枚の正レンズ{第1、第2レンズ(L1,L2)に相当する。}と、少なくとも1枚の負レンズ{第3レンズ(L3)や第4レンズ(L4)に相当する。}とを有し、最も像側のレンズ面が像側に凹面を向けた非球面であり、その非球面が変曲点(point of inflection)を持つことに特徴がある。最も像側のレンズ面の非球面形状は、レンズ構成図が示すレンズ面の断面形状から分かるように、光軸(AX)付近において凹面形状を成してお

10

20

30

40

50

り、中帯域から最外周部では凸面形状を成している。そして、その凹面から凸面へと変化する点が変曲点である。

【0053】

上記のように、光軸 (AX) 付近のレンズ面形状を像側に凹面形状とすることによって、レンズ全長を小さくすることが可能となる。レンズ面全体が凹面形状では周辺部での射出瞳位置が近くなってしまうが、中帯域から最外周部にかけてのレンズ面形状を凸面にするにより、射出瞳位置をより遠くに位置させることが可能となる。その中帯域から最外周部にかけて凸面形状は、像側に凹面を向けた非球面が変曲点を持つことにより構成される。このように特徴的な形状の非球面を最も像側のレンズ面に用いることにより、レンズ全長が小さいにもかかわらず射出瞳位置の遠い撮像レンズを実現することができる。そして、物体側から正・正・負と続くレンズの並びを採用することにより、レンズ全長をより一層効果的に小さくすることができる。

10

【0054】

上記のような場合に最適な開口絞り位置が、第1レンズ (L1) と第2レンズ (L2) との間である。つまり、第4～第8、第13～第19の実施の形態のように、物体側から順に、正レンズ {第1レンズ (L1) に相当する。} と、開口絞り (ST) と、少なくとも1枚のレンズから成るレンズ群 {第2、第3レンズ (L2, L3) や第2～第4レンズ (L2～L4, GrR) に相当する。} と、で構成され、そのレンズ群の最も像側のレンズが像側に凹面を向けた負レンズ {第3レンズ (L3) 又は第4レンズ (L4) に相当する。} であり、その負レンズの像側のレンズ面が非球面であり、その非球面が変曲点を持つことが望ましい。第1レンズの物体側に開口絞りを有する前絞りタイプでは、各レンズを通過する周辺部の光線高さの変化が非常に大きい。そのため、製造誤差に対する敏感度が高くなってしまい、その結果、製造誤差による性能劣化が大きくなってしまう。一方、最も像側のレンズ (すなわち最終レンズ) の像側に開口絞りを有する後絞りタイプでは、射出瞳位置が極端に近くなるため、固体撮像素子用の撮像レンズには適さない。この製造誤差と射出瞳位置とをバランスさせる上で最適な開口絞り位置が、第1レンズ (L1) と第2レンズ (L2) との間である。

20

【0055】

また、物体側から順に、正レンズ {第1レンズ (L1) に相当する。} と、開口絞り (ST) と、少なくとも1枚のレンズから成るレンズ群 {第2、第3レンズ (L2, L3) や第2～第4レンズ (L2～L4, GrR) に相当する。} と、で構成され、そのレンズ群の最も像側のレンズ面が像側に凹面を向けた非球面であり、その非球面が変曲点を持ち、以下の条件式 (1) を満足することが望ましい。

30

$$1.1 < f/Y' < 1.9 \quad \cdots (1)$$

ただし、

f : 全系の焦点距離、

Y' : 最大像高、

である。

【0056】

条件式 (1) は、レンズ全長と前玉径とをバランスさせるための条件範囲を規定している。条件式 (1) の下限を越えると、前玉径が大きくなり、撮像レンズ装置の径方向の大型化を招くとともに、歪曲収差の補正が困難になる。逆に、条件式 (1) の上限を越えると、光学系の全長が大きくなり、撮像レンズ装置の光軸 (AX) 方向の大型化を招いてしまう。

40

【0057】

以下の条件式 (1a) を満足することが望ましく、条件式 (1b) を満足することが更に望ましい。条件式 (1a), (1b) は、上記条件式 (1) が規定している条件範囲のなかでも、上記観点等からより一層好ましい条件範囲を規定している。

$$1.3 < f/Y' < 1.8 \quad \cdots (1a)$$

$$1.4 < f/Y' < 1.7 \quad \cdots (1b)$$

【0058】

第4～第8、第13～第19の実施の形態のように、全てのレンズの少なくとも1面が非

50

球面であることが望ましい。第1～第3レンズ(L1～L3)又は第1～第4レンズ(L1～L4)のそれぞれに非球面を少なくとも1面設けることは、球面収差、コマ収差及び歪曲収差の補正に大きな効果がある。また、第4～第8、第13～第19の実施の形態の撮像レンズは、入射光線を屈折作用により偏向させる屈折型レンズ(つまり、異なる屈折率を有する媒質同士の界面で偏向が行われるタイプのレンズ)のみで構成されているが、使用可能なレンズはこれに限らない。例えば、回折作用により入射光線を偏向させる回折型レンズ、回折作用と屈折作用との組み合わせで入射光線を偏向させる屈折・回折ハイブリッド型レンズ、入射光線を媒質内の屈折率分布により偏向させる屈折率分布型レンズ等を用いてもよい。ただし、媒質内で屈折率が変化する屈折率分布型レンズは、その複雑な製法がコストアップを招くため、用いるレンズはすべて均質素材レンズであることが望ましい。

10

【0059】

また、絞り(ST)のほかに不要光をカットするための光束規制板等を必要に応じて配置してもよく、プリズム類(例えば直角プリズム)、ミラー類(例えば平面ミラー)等を光路中に配置することにより、その光学的なパワーを有しない面(例えば、反射面、屈折面、回折面)で撮像レンズの前、後又は途中で光路を折り曲げてよい(例えば、光軸(AX)を約90度折り曲げるようにして光束を反射させてもよい)。その折り曲げ位置は必要に応じて設定すればよく、光路の適正な折り曲げにより、撮像レンズが搭載されるデジタル入力機器(デジタルカメラ等)の見かけ上の薄型化やコンパクト化を達成することが可能である。

【0060】

第4～第8、第13～第19の実施の形態の撮像レンズは、デジタル入力機器用の小型撮像レンズとしての使用に適しており、これを光学的ローパスフィルターや固体撮像素子と組み合わせることにより、被写体の映像を光学的に取り込んで電氣的な信号として出力する撮像レンズ装置を構成することができる。撮像レンズ装置は、被写体の静止画撮影や動画撮影に用いられるカメラ(例えば、デジタルカメラ；ビデオカメラ；デジタルビデオユニット、パーソナルコンピュータ、モバイルコンピュータ、携帯電話、携帯情報端末(PDA: Personal Digital Assistant)、これらの周辺機器(マウス、スキャナー、プリンター、その他のデジタル入出力機器)等に内蔵又は外付けされるカメラ)の主たる構成要素であり、例えば、物体(被写体)側から順に、物体の光学像を形成する撮像レンズと、光学的ローパスフィルター、赤外カットフィルター等の光学フィルターと、撮像レンズにより形成された光学像を電氣的な信号に変換する固体撮像素子と、で構成される。

20

30

【0061】

したがって、上述した第4～第8、第13～第19の実施の形態には以下の構成を有する発明(I)～(V)が含まれており、その構成により、良好な光学性能を有し低コストでコンパクトな撮像レンズ装置を実現することができる。そして、これをデジタルカメラ等に適用すれば、当該カメラの高性能化、高機能化、低コスト化及びコンパクト化に寄与することができる。

(I) 光学像を形成する撮像レンズと、その撮像レンズにより形成された光学像を電氣的な信号に変換する撮像素子と、を備えた撮像レンズ装置であって、前記撮像レンズが、物体側から順に、2枚の正レンズと、少なくとも1枚の負レンズとを有し、最も像側のレンズ面が像側に凹面を向けた非球面であり、その非球面が変曲点を持つことを特徴とする撮像レンズ装置。

40

(II) 光学像を形成する撮像レンズと、その撮像レンズにより形成された光学像を電氣的な信号に変換する撮像素子と、を備えた撮像レンズ装置であって、前記撮像レンズが、物体側から順に、正レンズと、開口絞りと、少なくとも1枚のレンズから成るレンズ群と、で構成され、そのレンズ群の最も像側のレンズが像側に凹面を向けた負レンズであり、その負レンズの像側のレンズ面が非球面であり、その非球面が変曲点を持つことを特徴とする撮像レンズ装置。

(III) 光学像を形成する撮像レンズと、その撮像レンズにより形成された光学像を電氣的な信号に変換する撮像素子と、を備えた撮像レンズ装置であって、前記撮像レンズが、物体側から順に、正レンズと、開口絞りと、少なくとも1枚のレンズから成るレンズ群と

50

、で構成され、そのレンズ群の最も像側のレンズ面が像側に凹面を向けた非球面であり、その非球面が変曲点を持ち、前記条件式(1)、(1a)、(1b)のうちの少なくとも1つを満足することを特徴とする撮像レンズ装置。

(IV) すべてのレンズがそれぞれ非球面を少なくとも1面有することを特徴とする上記(I)～(III)のいずれか1つに記載の撮像レンズ装置。

(V) すべてのレンズが均質素材レンズで構成されていることを特徴とする上記(I)～(IV)のいずれか1つに記載の撮像レンズ装置。

【0062】

撮像素子としては、例えば複数の画素から成るCCDやCMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)センサー等の固体撮像素子が用いられ、撮像レンズにより形成された光学像は固体撮像素子により電気的な信号に変換される。撮像レンズで形成されるべき光学像は、固体撮像素子の画素ピッチにより決定される所定の遮断周波数特性を有する光学的ローパスフィルターを通過することにより、電気的な信号に変換される際に発生するいわゆる折り返しノイズが最小化されるように、空間周波数特性が調整される。固体撮像素子で生成した信号は、必要に応じて所定のデジタル画像処理や画像圧縮処理等が施されて、デジタル映像信号としてメモリー(半導体メモリー、光ディスク等)に記録されたり、場合によってはケーブルを介したり赤外線信号に変換されたりして他の機器に伝送される。なお、撮像レンズの最終面と固体撮像素子との間に配置される光学的ローパスフィルターは、各実施の形態ではガラスフィルター(GF)で構成されているが、使用されるデジタル入力機器に応じたものであればよい。例えば、所定の結晶軸方向が調整された水晶等を材料とする複屈折型ローパスフィルターや、必要とされる光学的な遮断周波数の特性を回折効果により達成する位相型ローパスフィルター等が適用可能である。

【0063】

【実施例】

以下、本発明を実施した撮像レンズを、コンストラクションデータ等を挙げて更に具体的に説明する。ここで挙げる実施例1～19は、前述した第1～第19の実施の形態にそれぞれ対応しており、第1～第19の実施の形態を表すレンズ構成図(図1～図12、図25～図27、図31～図34)は、対応する実施例1～19のレンズ構成をそれぞれ示している。各実施例のコンストラクションデータにおいて、 r_i ($i=1, 2, 3, \dots$)は物体側から数えて i 番目の面の曲率半径(mm)、 d_i ($i=1, 2, 3, \dots$)は物体側から数えて i 番目の軸上面間隔(mm)を示しており、 N_i ($i=1, 2, 3, \dots$)、 v_i ($i=1, 2, 3, \dots$)は物体側から数えて i 番目の光学要素の d 線に対する屈折率(N_d)、アッベ数(v_d)を示している。全系の焦点距離(f , mm)及びFナンバー($FN0$)を他のデータとあわせて示し、また、各条件式の対応値を表1、表2に示す。

【0064】

曲率半径 r_i に*印が付された面は、非球面形状の屈折光学面又は非球面と等価な屈折作用を有する面であることを示し、非球面の面形状を表わす以下の式(AS)で定義されるものとする。各実施例の非球面データを他のデータとあわせて示す。

$$X(H) = (C0 \cdot H^2) / \{1 + \sqrt{1 - \epsilon \cdot C0^2 \cdot H^2}\} + \sum (Ai \cdot H^i) \quad \dots (AS)$$

ただし、式(AS)中、

$X(H)$: 高さ H の位置での光軸(AX)方向の変位量(面頂点基準)、

H : 光軸(AX)に対して垂直な方向の高さ、

$C0$: 近軸曲率($=1/\text{曲率半径}$)、

ϵ : 2次曲面パラメータ、

Ai : i 次の非球面係数($Ai=0$ の場合のデータは省略する。)、

である。

【0065】

図13～図24、図28～図30、図35～図38は、実施例1～実施例19に対応する収差図であり、図13～図24、図28～図30、図35～図38中、(A)は球面収差図、(B)は非点収差図、(C)は歪曲収差図である($FN0$: Fナンバー、 Y' : 最大像高(mm))。球

10

20

30

40

50

面収差図において、実線(d)はd線、一点鎖線(g)はg線、二点鎖線(c)はc線に対する各球面収差量(mm)を表しており、破線(SC)は正弦条件不満足量(mm)を表している。非点収差図において、破線(DM)はメリディオナル面でのd線に対する非点収差(mm)を表しており、実線(DS)はサジタル面でのd線に対する非点収差(mm)を表わしている。また、歪曲収差図において実線はd線に対する歪曲(%)を表している。

【 0 0 6 6 】

《実施例1》

$f=3.469$, $FNO=2.8$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッベ数]

10

$r1*= 2.800$

$d1= 1.322$ $N1=1.58340$ $\nu 1= 30.23(L1)$

$r2*= 1.595$

$d2= 0.741$

$r3= \infty(ST)$

$d3= 0.442$

$r4*= 5.686$

20

$d4= 1.686$ $N2=1.53048$ $\nu 2= 55.72(L2)$

$r5*= -1.141$

$d5= 0.100$

$r6*= 18.824$

$d6= 1.026$ $N3=1.58340$ $\nu 3= 30.23(L3)$

$r7*= 2.039$

$d7= 1.000$

30

$r8= \infty$

$d8= 0.500$ $N4=1.51680$ $\nu 4= 64.20(GF)$

$r9= \infty$

【 0 0 6 7 】

[第1面(r1)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.32631, A4 = 0.23941 \times 10^{-1}, A6 = -0.24142 \times 10^{-3}, A8 = 0.87227 \times 10^{-3}$$

[第2面(r2)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.20000 \times 10, A4 = 0.83403 \times 10^{-1}, A6 = 0.98460 \times 10^{-3}, A8 = 0.49924 \times 10^{-1}$$

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.18973 \times 10, A4 = -0.11614 \times 10^{-1}, A6 = -0.22756 \times 10^{-1}, A8 = 0.82323 \times 10^{-2}$$

[第5面(r5)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.26870, A4 = 0.34068 \times 10^{-1}, A6 = -0.14733 \times 10^{-1}, A8 = 0.56763 \times 10^{-3}$$

[第6面(r6)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.0, A4 = -0.47058 \times 10^{-1}, A6 = -0.90811 \times 10^{-2}, A8 = 0.19180 \times 10^{-2}$$

[第7面(r7)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.35130, A4 = -0.86078 \times 10^{-1}, A6 = 0.14913 \times 10^{-1}, A8 = -0.18277 \times 10^{-2}$$

10

[0 0 6 8]

《実施例2》

20

f=3.467, FN0=2.8

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッベ数]

r1*= 3.914

d1= 1.633 N1=1.58340 ν 1= 30.23(L1)

r2*= 2.253

d2= 0.545

r3= ∞ (ST)

d3= 0.300

30

r4*= 5.484

d4= 2.097 N2=1.53048 ν 2= 55.72(L2)

r5*= -0.992

d5= 0.100

r6*= 6.928

d6= 0.700 N3=1.58340 ν 3= 30.23(L3)

40

r7*= 1.261

d7= 1.000

r8= ∞

d8= 0.500 N4=1.51680 ν 4= 64.20(GF)

r9= ∞

[0 0 6 9]

[第1面(r1)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = 0.15050 \times 10^{-1}, A6 = 0.17624 \times 10^{-2}, A8 = -0.28942 \times 10^{-3}, A10 = 0.15435 \times 10^{-3}$$

[第2面(r2)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = 0.12063, A6 = 0.53318 \times 10^{-1}, A8 = -0.34519 \times 10^{-1}, A10 = 0.15360$$

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = 0.21812 \times 10^{-1}, A6 = 0.13669 \times 10^{-1}, A8 = 0.89058 \times 10^{-2}, A13 = -0.10085 \times 10^{-1}$$

10

[第5面(r5)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10969, A4 = 0.13179, A6 = -0.87983 \times 10^{-1}, A8 = 0.39597 \times 10^{-1}, A10 = -0.51378 \times 10^{-2}$$

[第6面(r6)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = -0.98804 \times 10^{-1}, A6 = 0.25381 \times 10^{-1}, A8 = -0.41254 \times 10^{-2}, A10 = -0.74291 \times 10^{-3}$$

20

[第7面(r7)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.50000 \times 10, A4 = -0.69548 \times 10^{-1}, A6 = 0.27279 \times 10^{-1}, A8 = -0.76305 \times 10^{-2}, A10 = 0.73965 \times 10^{-3}$$

[0 0 7 0]

《実施例3》

f=3.965, FN0=2.8

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

r1*= 5.638

d1= 1.569 N1=1.58340 ν 1= 30.23(L1)

r2*= 3.303

d2= 0.394

r3= ∞ (ST)

d3= 0.200

r4*= 4.256

d4= 2.649 N2=1.53048 ν 2= 55.72(L2)

r5*= -1.065

d5= 0.100

r6*= 19.154

d6= 0.799 N3=1.58340 ν 3= 30.23(L3)

r7*= 1.266

d7= 1.000

r8= ∞ d8= 0.500 N4=1.51680 ν 4= 64.20(GF)r9= ∞

[0 0 7 1]

10

20

30

[第1面(r1)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = 0.12129 \times 10^{-1}, A6 = 0.31044 \times 10^{-2}, A8 = -0.11652 \times 10^{-2}, A10 = 0.19214 \times 10^{-3}$$

[第2面(r2)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = 0.10276, A6 = 0.19545 \times 10^{-1}, A8 = -0.73712 \times 10^{-2}, A10 = 0.55142 \times 10^{-1}$$

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = 0.45950 \times 10^{-1}, A6 = 0.47759 \times 10^{-2}, A8 = 0.79466 \times 10^{-2}, A10 = -0.12984 \times 10^{-1}$$

[第5面(r5)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.11091, A4 = 0.12806, A6 = -0.70237 \times 10^{-1}, A8 = 0.26286 \times 10^{-1}, A10 = -0.27364 \times 10^{-2}$$

[第6面(r6)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = -0.85336 \times 10^{-1}, A6 = 0.25832 \times 10^{-1}, A8 = -0.89579 \times 10^{-2}, A10 = 0.67422 \times 10^{-3}$$

[第7面(r7)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.50000 \times 10, A4 = -0.52773 \times 10^{-1}, A6 = 0.17861 \times 10^{-1}, A8 = -0.46675 \times 10^{-2}, A10 = -0.43220 \times 10^{-3}$$

[0 0 7 2]

10

20

《実施例4》

 $f=3.507, FNO=2.8$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

 $r1*= 68.391$ $d1= 0.872 \quad N1=1.53048 \quad \nu 1= 55.72(L1)$ $r2*= -6.304$ $d2= 0.938$

10

 $r3= \infty(ST)$ $d3= 0.500$ $r4*= -3.703$ $d4= 1.649 \quad N2=1.53048 \quad \nu 2= 55.72(L2)$ $r5*= -0.852$ $d5= 0.100$ $r6*= 11.946$

20

 $d6= 0.700 \quad N3=1.58340 \quad \nu 3= 30.23(L3)$ $r7*= 1.225$ $d7= 1.000$ $r8= \infty$ $d8= 0.500 \quad N4=1.51680 \quad \nu 4= 64.20(GF)$ $r9= \infty$

30

[0 0 7 3]

[第1面(r1)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.51000 \times 10^2, A4 = 0.56767 \times 10^{-2}, A6 = 0.35339 \times 10^{-2}, A8 = -0.16790 \times 10^{-2}, A10 = 0.18541 \times 10^{-3}$$

[第2面(r2)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.15652 \times 10^2, A4 = 0.29585 \times 10^{-1}, A6 = 0.49258 \times 10^{-2}, A8 = -0.68370 \times 10^{-2}, A10 = 0.21683 \times 10^{-2}$$

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.14877 \times 10, A4 = -0.79140 \times 10^{-1}, A6 = -0.47628 \times 10^{-1}, A8 = 0.48397 \times 10^{-1}, A10 = -0.11082$$

10

[第5面(r5)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.10000 \times 10, A4 = -0.10074 \times 10^{-1}, A6 = -0.10146, A8 = 0.69391 \times 10^{-1}, A10 = -0.22979 \times 10^{-1}$$

[第6面(r6)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.21028 \times 10, A4 = -0.38111 \times 10^{-1}, A6 = 0.40875 \times 10^{-2}, A8 = 0.27790 \times 10^{-2}, A10 = -0.24091 \times 10^{-2}$$

20

[第7面(r7)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.60000 \times 10, A4 = -0.45478 \times 10^{-1}, A6 = 0.20696 \times 10^{-1}, A8 = -0.67145 \times 10^{-2}, A10 = 0.63538 \times 10^{-3}$$

[0 0 7 4]

《実施例 5》

 $f=4.046$, $FNO=2.8$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

 $r1*=5.219$ $d1=1.013$ $N1=1.53048$ $\nu 1=55.72(L1)$ $r2*=-64.896$ $d2=0.748$

10

 $r3=\infty(ST)$ $d3=0.500$ $r4*=-4.392$ $d4=1.756$ $N2=1.53048$ $\nu 2=55.72(L2)$ $r5*=-0.904$ $d5=0.100$ $r6*=20.088$

20

 $d6=0.725$ $N3=1.58340$ $\nu 3=30.23(L3)$ $r7*=1.208$ $d7=1.000$ $r8=\infty$ $d8=0.500$ $N4=1.51680$ $\nu 4=64.20(GF)$ $r9=\infty$

30

[0075]

[第1面(r1)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.70781 \times 10, A4 = 0.89349 \times 10^{-2}, A6 = 0.47221 \times 10^{-2}, A8 = -0.10936 \times 10^{-2}, A10 = 0.26309 \times 10^{-3}$$

[第2面(r2)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.14000 \times 10^2, A4 = 0.21091 \times 10^{-1}, A6 = 0.65881 \times 10^{-2}, A8 = -0.31253 \times 10^{-2}, A10 = 0.14822 \times 10^{-2}$$

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.21386 \times 10, A4 = -0.36204 \times 10^{-1}, A6 = -0.25647 \times 10^{-1}, A8 = 0.63204 \times 10^{-1}, A10 = -0.70302 \times 10^{-1}$$

10

[第5面(r5)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.97822, A4 = 0.29364 \times 10^{-1}, A6 = -0.10042, A8 = 0.61685 \times 10^{-1}, A10 = -0.15831 \times 10^{-1}$$

[第6面(r6)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.20000 \times 10, A4 = -0.46735 \times 10^{-1}, A6 = 0.63444 \times 10^{-2}, A8 = 0.57281 \times 10^{-2}, A10 = -0.26912 \times 10^{-2}$$

20

[第7面(r7)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.60000 \times 10, A4 = -0.60010 \times 10^{-1}, A6 = 0.24137 \times 10^{-1}, A8 = -0.56437 \times 10^{-2}, A10 = 0.43112 \times 10^{-3}$$

[0 0 7 6]

《実施例6》

f=4.057, FNO=2.8

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

r1*= 3.887

d1= 1.137 N1=1.53048 ν 1= 55.72(L1)

r2*= 50.974

d2= 0.745

10

r3= ∞ (ST)

d3= 0.500

r4*= -3.040

d4= 1.696 N2=1.53048 ν 2= 55.72(L2)

r5*= -1.374

d5= 0.100

20

r6*= 1.971

d6= 0.700 N3=1.58340 ν 3= 30.23(L3)

r7*= 1.157

d7= 1.000

r8= ∞ d8= 0.500 N4=1.51680 ν 4= 64.20(GF)r9= ∞

[0 0 7 7]

30

[第1面(r1)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.17782 \times 10, A4 = 0.61057 \times 10^{-2}, A6 = 0.14542 \times 10^{-2}, A8 = -0.49868 \times 10^{-3}, A10 = 0.16539 \times 10^{-3}$$

[第2面(r2)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.16000 \times 10^2, A4 = 0.61220 \times 10^{-2}, A6 = -0.75168 \times 10^{-3}, A8 = 0.15948 \times 10^{-2}, A10 = -0.17231 \times 10^{-4}$$

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.84433, A4 = 0.61538 \times 10^{-2}, A6 = -0.21453, A8 = 0.30585, A10 = -0.20991$$

[第5面(r5)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.36507, A4 = -0.44642 \times 10^{-1}, A6 = 0.12082 \times 10^{-1}, A8 = 0.88202 \times 10^{-2}, A10 = -0.56296 \times 10^{-2}$$

[第6面(r6)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.20000 \times 10, A4 = -0.14745, A6 = 0.32555 \times 10^{-1}, A8 = 0.43398 \times 10^{-2}, A10 = -0.22720 \times 10^{-2}$$

[第7面(r7)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.19045 \times 10, A4 = -0.97978 \times 10^{-1}, A6 = 0.23732 \times 10^{-1}, A8 = -0.25696 \times 10^{-2}, A10 = -0.40956 \times 10^{-5}$$

[0 0 7 8]

10

20

《実施例7》

f=5.413, FN0=2.8

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッベ数]

r1*= 3.262

d1= 1.267 N1=1.53048 ν 1= 55.72(L1)

r2*= 20.506

d2= 0.605

10

r3= ∞ (ST)

d3= 1.011

r4*= -2.627

d4= 1.329 N2=1.53048 ν 2= 55.72(L2)

r5*= -1.750

d5= 0.100

r6*= 6.747

20

d6= 1.769 N3=1.58340 ν 3= 30.23(L3)

r7*= 2.711

d7= 0.500

r8= ∞ d8= 0.500 N4=1.51680 ν 4= 64.20(GF)r9= ∞

30

[0 0 7 9]

[第1面(r1)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.23583, A4 = 0.42634 \times 10^{-2}, A6 = 0.70946 \times 10^{-3}, A8 = 0.83522 \times 10^{-4}, A10 = 0.22563 \times 10^{-4}$$

[第2面(r2)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.13080 \times 10^2, A4 = 0.76363 \times 10^{-2}, A6 = -0.96051 \times 10^{-3}, A8 = 0.12099 \times 10^{-2}, A10 = -0.32280 \times 10^{-3}$$

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.14778 \times 10, A4 = 0.46580 \times 10^{-2}, A6 = -0.48590 \times 10^{-1}, A8 = 0.29449 \times 10^{-1}, A10 = -0.35940 \times 10^{-2}$$

10

[第5面(r5)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.54871, A4 = -0.31360 \times 10^{-1}, A6 = 0.95481 \times 10^{-2}, A8 = -0.21117 \times 10^{-2}, A10 = 0.74248 \times 10^{-3}$$

[第6面(r6)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.35876 \times 10^{-1}, A4 = -0.60741 \times 10^{-1}, A6 = 0.13571 \times 10^{-1}, A8 = -0.98325 \times 10^{-3}, A10 = -0.49719 \times 10^{-4}$$

20

[第7面(r7)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.54011 \times 10, A4 = -0.17861 \times 10^{-1}, A6 = 0.16540 \times 10^{-3}, A8 = 0.11796 \times 10^{-3}, A10 = -0.10468 \times 10^{-4}$$

[0 0 8 0]

《実施例 8》

 $f=5.414, FNO=2.8$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

 $r1*= 2.566$ $d1= 1.227 \quad N1=1.53048 \quad \nu 1= 55.72(L1)$ $r2*= 18.606$ $d2= 0.369$

10

 $r3= \infty(ST)$ $d3= 0.935$ $r4*= -1.834$ $d4= 1.208 \quad N2=1.53048 \quad \nu 2= 55.72(L2)$ $r5*= -1.611$ $d5= 0.100$ $r6*= 7.215$

20

 $d6= 1.581 \quad N3=1.58340 \quad \nu 3= 30.23(L3)$ $r7*= 2.841$ $d7= 0.500$ $r8= \infty$ $d8= 0.500 \quad N4=1.51680 \quad \nu 4= 64.20(GF)$ $r9= \infty$

30

[0 0 8 1]

[第1面(r1)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.16794, A4 = 0.43888 \times 10^{-2}, A6 = 0.28598 \times 10^{-3}, A8 = 0.32325 \times 10^{-3}, A10 = -0.24401 \times 10^{-3}$$

[第2面(r2)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.73024 \times 10, A4 = -0.29787 \times 10^{-2}, A6 = -0.20862 \times 10^{-2}, A8 = -0.10682 \times 10^{-2}, A10 = 0.34571 \times 10^{-3}$$

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.12492 \times 10, A4 = 0.29931 \times 10^{-2}, A6 = -0.49256 \times 10^{-1}, A8 = 0.23979 \times 10^{-1}, A10 = 0.79079 \times 10^{-3}$$

[第5面(r5)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.53675, A4 = -0.23290 \times 10^{-1}, A6 = 0.52301 \times 10^{-2}, A8 = 0.10769 \times 10^{-2}, A10 = 0.44801 \times 10^{-3}$$

[第6面(r6)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.20000 \times 10, A4 = -0.66312 \times 10^{-1}, A6 = 0.15524 \times 10^{-1}, A8 = -0.15169 \times 10^{-2}, A10 = -0.38654 \times 10^{-4}$$

[第7面(r7)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.60000 \times 10, A4 = -0.25548 \times 10^{-1}, A6 = 0.14515 \times 10^{-2}, A8 = -0.25702 \times 10^{-4}, A10 = -0.80128 \times 10^{-5}$$

10

20

[0 0 8 2]

《実施例 9》

f=3.470, FNO=2.8

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

r1*= 1.928

d1= 1.028 N1=1.53048 ν 1= 55.72(L1)

r2*= 2.310

d2= 0.478

10

r3= ∞ (ST)

d3= 0.300

r4*= 8.421

d4= 1.304 N2=1.53048 ν 2= 55.72(L2)

r5*= -1.151

d5= 0.655

r6*= -0.468

20

d6= 0.720 N3=1.58340 ν 3= 30.23(L3)

r7*= -0.694

d7= 0.300

r8= ∞ d8= 0.500 N4=1.51680 ν 4= 64.20(GF)r9= ∞

30

[0 0 8 3]

[第1面(r1)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = -0.45870 \times 10^{-2}, A6 = 0.29663 \times 10^{-2}, A8 = -0.12412 \times 10^{-2}, A10 = -0.94981 \times 10^{-3}$$

[第2面(r2)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = -0.11631 \times 10^{-1}, A6 = 0.15359, A8 = -0.35362, A10 = 0.22705$$

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = -0.12407, A6 = 0.87272 \times 10^{-1}, A8 = -0.30646, A10 = 0.23712$$

10

[第5面(r5)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = 0.27864 \times 10^{-1}, A6 = 0.64946 \times 10^{-1}, A8 = -0.13857, A10 = 0.11579$$

[第6面(r6)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.13801, A4 = 0.36196, A6 = 0.16987, A8 = -0.10315, A10 = 0.81031 \times 10^{-1}$$

[第7面(r7)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.17413, A4 = 0.15173, A6 = 0.72208 \times 10^{-1}, A8 = -0.28908 \times 10^{-1}, A10 = 0.74165 \times 10^{-2}$$

20

[0 0 8 4]

《実施例10》

 $f=3.469$, $FNO=2.8$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

 $r1*=2.173$ $d1=1.103$ $N1=1.53048$ $\nu 1=55.72(L1)$ $r2*=2.584$ $d2=0.602$

10

 $r3=\infty(ST)$ $d3=0.328$ $r4*=6.726$ $d4=1.283$ $N2=1.53048$ $\nu 2=55.72(L2)$ $r5*=-1.160$ $d5=0.736$ $r6*=-0.459$

20

 $d6=0.738$ $N3=1.58340$ $\nu 3=30.23(L3)$ $r7*=-0.680$ $d7=0.300$ $r8=\infty$ $d8=0.500$ $N4=1.51680$ $\nu 4=64.20(GF)$ $r9=\infty$

30

[0085]

[第1面(r1)の非球面データ]

$\varepsilon = 0.10000 \times 10$, $A4 = 0.87958 \times 10^{-3}$, $A6 = 0.42137 \times 10^{-2}$, $A8 = -0.16799 \times 10^{-3}$, $A10 = -0.19193 \times 10^{-3}$

[第2面(r2)の非球面データ]

$\varepsilon = 0.10000 \times 10$, $A4 = 0.93253 \times 10^{-2}$, $A6 = 0.15533$, $A8 = -0.24491$, $A10 = 0.13194$

[第4面(r4)の非球面データ]

$\varepsilon = 0.10000 \times 10$, $A4 = -0.98391 \times 10^{-1}$, $A6 = 0.94609 \times 10^{-1}$, $A8 = -0.17520$, $A10 = 0.1209$

4

[第5面(r5)の非球面データ]

$\varepsilon = 0.10000 \times 10$, $A4 = 0.44653 \times 10^{-1}$, $A6 = 0.55013 \times 10^{-1}$, $A8 = -0.12054$, $A10 = 0.11213$

[第6面(r6)の非球面データ]

$\varepsilon = 0.13153$, $A4 = 0.36562$, $A6 = 0.16321$, $A8 = -0.11039$, $A10 = 0.86597 \times 10^{-1}$

[第7面(r7)の非球面データ]

$\varepsilon = 0.16282$, $A4 = 0.15658$, $A6 = 0.66062 \times 10^{-1}$, $A8 = -0.28592 \times 10^{-1}$, $A10 = 0.75366 \times 10^{-2}$

10

20

[0 0 8 6]

《実施例 1 1》

f=2.357, FNO=2.8

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

r1*= 3.284

d1= 0.988 N1=1.53048 ν 1= 55.72(L1)

r2*= 8.603

d2= 0.249

r3= ∞ (ST)

d3= 0.231

r4*= 2.351

d4= 1.000 N2=1.53048 ν 2= 55.72(L2)

r5*= -0.806

d5= 0.367

r6*= -0.328

d6= 0.700 N3=1.58340 ν 3= 30.23(L3)

r7*= -0.557

d7= 0.200

r8= ∞ d8= 0.500 N4=1.51680 ν 4= 64.20(GF)r9= ∞

【 0 0 8 7 】

[第 1 面(r1)の非球面データ]

 $\epsilon=0.10000 \times 10, A4=-0.82390 \times 10^{-1}, A6=-0.51231 \times 10^{-3}, A8=-0.31114 \times 10^{-1}, A10=0.20505 \times 10^{-1}$

[第 2 面(r2)の非球面データ]

 $\epsilon=0.10000 \times 10, A4=-0.22908, A6=0.19307, A8=-0.66911, A10=0.11352 \times 10$

[第 4 面(r4)の非球面データ]

 $\epsilon=0.10000 \times 10, A4=-0.31044, A6=-0.13877, A8=0.59855, A10=-0.34008 \times 10$

[第 5 面(r5)の非球面データ]

 $\epsilon=0.10000 \times 10, A4=0.19846, A6=0.34588, A8=-0.10718 \times 10, A10=0.22259 \times 10$

[第 6 面(r6)の非球面データ]

 $\epsilon=0.14294, A4=0.16786 \times 10, A6=0.77941, A8=-0.21235 \times 10, A10=0.29745 \times 10$

[第 7 面(r7)の非球面データ]

 $\epsilon=0.22025, A4=0.51811, A6=0.40947, A8=-0.41631, A10=0.19224$

【 0 0 8 8 】

《実施例12》

f=3.909, FNO=2.8

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

r1*= 1.946

d1= 1.063 N1=1.53048 ν 1= 55.72(L1)

r2*= 2.908

d2= 0.461

r3= ∞ (ST)

d3= 0.369

r4*= 25.898

d4= 1.214 N2=1.53048 ν 2= 55.72(L2)

r5*= -1.222

d5= 0.719

r6*= -0.512

d6= 0.864 N3=1.58340 ν 3= 30.23(L3)

r7*= -0.791

d7= 0.300

r8= ∞ d8= 0.500 N4=1.51680 ν 4= 64.20(GF)r9= ∞

[0089]

10

20

30

[第1面(r1)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = -0.71083 \times 10^{-2}, A6 = 0.83355 \times 10^{-2}, A8 = -0.43965 \times 10^{-2}, A10 = 0.15236 \times 10^{-2}$$

[第2面(r2)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = 0.48178 \times 10^{-2}, A6 = 0.77795 \times 10^{-1}, A8 = -0.11808, A10 = 0.82135 \times 10^{-1}$$

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = -0.67192 \times 10^{-1}, A6 = 0.75859 \times 10^{-2}, A8 = -0.45131 \times 10^{-1}, A10 = -0.15867 \times 10^{-2}$$

10

[第5面(r5)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = 0.57645 \times 10^{-1}, A6 = 0.64121 \times 10^{-2}, A8 = -0.12843 \times 10^{-1}, A10 = 0.27561 \times 10^{-1}$$

[第6面(r6)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.15149, A4 = 0.34428, A6 = 0.14586, A8 = -0.13119, A10 = 0.71148 \times 10^{-1}$$

20

[第7面(r7)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.19214, A4 = 0.13217, A6 = 0.45573 \times 10^{-1}, A8 = -0.23420 \times 10^{-1}, A10 = 0.52064 \times 10^{-2}$$

[0 0 9 0]

[表 1]

《条件式対応値》

タイプ	パワ 	実施 例	条件式 (A0)	条件式 (A1), (B1)	条件式 (A2), (B2) (A2a), (A2b)	条件式 (A3), (B3) (A3a)
			$ f/f_1 $	f/f_3	f_3/f_1	T_6/f
A	負・ 正・ 負	1	0. 3 2 5	-0. 8 6 5	-	0. 2 9 6
		2	0. 2 4 3	-1. 2 5 2	-	0. 2 0 2
		3	0. 4 4 2	-1. 6 7 9	-	0. 2 0 2
	正・ 正・ 負	4	0. 3 2 1	-1. 8 1 0	-0. 2 4 4	0. 1 7 9
		5	0. 2 1 8	-1. 4 6 3	-0. 2 1 9	0. 2 0 0
		6	-	-	-0. 8 9 5	0. 1 7 3
		7	-	-	-1. 2 9 9	0. 3 2 7
		8	-	-	-1. 6 9 5	0. 2 9 2
B	正・ 正・ 正	9	-	0. 2 4 5	1. 2 4 7	0. 2 0 7
		10	-	0. 3 3 5	0. 7 7 5	0. 2 1 3
		11	-	0. 2 1 4	1. 1 7 2	0. 2 9 7
		12	-	0. 2 2 4	2. 1 7 3	0. 2 2 1

10

20

【 0 0 9 1 】

《実施例 13》

 $f=3.382$, $FNO=2.80$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

 $r1^* = -10.748$ $d1 = 0.756$ $N1=1.53048$ $\nu 1 = 55.72(L1)$ $r2^* = -6.165$ $d2 = 0.933$

10

 $r3 = \infty(ST)$ $d3 = 0.500$ $r4^* = -12.672$ $d4 = 1.734$ $N2=1.48749$ $\nu 2 = 70.44(L2)$ $r5^* = -0.898$ $d5 = 0.100$ $r6^* = 5.623$

20

 $d6 = 0.700$ $N3=1.58340$ $\nu 3 = 30.23(L3)$ $r7^* = 1.145$ $d7 = 1.300$ $r8 = \infty$ $d8 = 0.500$ $N4=1.51680$ $\nu 4 = 64.20(GF)$ $r9 = \infty$

30

[0 0 9 2]

[第1面(r1)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.49000 \times 10^2, A_4 = 0.19628 \times 10^{-1}, A_6 = 0.42261 \times 10^{-2}, A_8 = -0.14046 \times 10^{-2}, A_{10} = 0.24571 \times 10^{-3}$$

[第2面(r2)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.61499 \times 10, A_4 = 0.46300 \times 10^{-1}, A_6 = 0.58156 \times 10^{-2}, A_8 = -0.55287 \times 10^{-2}, A_{10} = 0.25143 \times 10^{-2}$$

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.10000 \times 10, A_4 = -0.36178 \times 10^{-1}, A_6 = -0.35359 \times 10^{-1}, A_8 = 0.33661 \times 10^{-1}, A_{10} = -0.76906 \times 10^{-1}$$

[第5面(r5)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.10000 \times 10, A_4 = 0.88131 \times 10^{-2}, A_6 = -0.10394, A_8 = 0.66365 \times 10^{-1}, A_{10} = -0.21004 \times 10^{-1}$$

[第6面(r6)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.19193 \times 10, A_4 = -0.51842 \times 10^{-1}, A_6 = 0.75512 \times 10^{-3}, A_8 = 0.23514 \times 10^{-2}, A_{10} = -0.21619 \times 10^{-2}$$

[第7面(r7)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.45157 \times 10, A_4 = -0.44404 \times 10^{-1}, A_6 = 0.19663 \times 10^{-1}, A_8 = -0.73281 \times 10^{-2}, A_{10} = 0.92529 \times 10^{-3}$$

10

20

[0 0 9 3]

《実施例 14》

 $f=5.403$, $FNO=2.80$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

 $r1*= 3.427$ $d1= 1.256$ $N1=1.58913$ $\nu 1= 61.28(L1)$ $r2*= 13.824$ $d2= 0.643$

10

 $r3= \infty(ST)$ $d3= 0.972$ $r4*= -3.551$ $d4= 1.640$ $N2=1.53048$ $\nu 2= 55.72(L2)$ $r5*= -1.328$ $d5= 0.100$ $r6*= -31.222$

20

 $d6= 1.584$ $N3=1.58340$ $\nu 3= 30.23(L3)$ $r7*= 2.125$ $d7= 0.800$ $r8= \infty$ $d8= 0.500$ $N4=1.51680$ $\nu 4= 64.20(GF)$ $r9= \infty$

30

[0 0 9 4]

[第1面(r1)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.45664, A4 = 0.50687 \times 10^{-2}, A6 = 0.84990 \times 10^{-3}, A8 = -0.13419 \times 10^{-4}, A10 = 0.45261 \times 10^{-4}$$

[第2面(r2)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.13638 \times 10^2, A4 = 0.12538 \times 10^{-1}, A6 = -0.40314 \times 10^{-2}, A8 = 0.29052 \times 10^{-2}, A10 = -0.63264 \times 10^{-3}$$

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.20000 \times 10, A4 = -0.17811 \times 10^{-1}, A6 = -0.44803 \times 10^{-1}, A8 = 0.25403 \times 10^{-1}, A10 = -0.27515 \times 10^{-2}$$

10

[第5面(r5)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.28496, A4 = -0.90398 \times 10^{-3}, A6 = 0.58812 \times 10^{-2}, A8 = -0.40268 \times 10^{-2}, A10 = 0.10098 \times 10^{-2}$$

[第6面(r6)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.0, A4 = -0.60414 \times 10^{-1}, A6 = 0.15910 \times 10^{-1}, A8 = -0.10850 \times 10^{-2}, A10 = -0.90198 \times 10^{-4}$$

20

[第7面(r7)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.52095 \times 10, A4 = -0.30068 \times 10^{-1}, A6 = 0.30856 \times 10^{-2}, A8 = -0.17047 \times 10^{-3}, A10 = 0.10885 \times 10^{-6}$$

[0 0 9 5]

《実施例 15》

f=4.212, FNO=4.00

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

r1*= 1.823

d1= 1.195 N1=1.48749 ν 1= 70.44(L1)

r2*= 17.003

d2= 0.300

10

r3= ∞ (ST)

d3= 0.575

r4*= -1.231

d4= 1.371 N2=1.53048 ν 2= 55.72(L2)

r5*= -0.881

d5= 0.100

r6*= 4.980

20

d6= 0.749 N3=1.58340 ν 3= 30.23(L3)

r7*= 1.193

d7= 0.500

r8= ∞ d8= 0.500 N4=1.51680 ν 4= 64.20(GF)r9= ∞

30

[0 0 9 6]

[第1面(r1)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.41144, A_4 = 0.85264 \times 10^{-2}, A_6 = 0.61779 \times 10^{-2}, A_8 = -0.18563 \times 10^{-2}, A_{10} = -0.12302 \times 10^{-2}$$

[第2面(r2)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.16000 \times 10^2, A_4 = -0.94292 \times 10^{-2}, A_6 = -0.39468 \times 10^{-1}, A_8 = 0.43553 \times 10^{-1}, A_{10} = -0.19370 \times 10^{-1}$$

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.19571 \times 10, A_4 = -0.22360 \times 10^{-1}, A_6 = -0.23890, A_8 = 0.29336, A_{10} = 0.36819$$

[第5面(r5)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.66179 \times 10^{-1}, A_4 = 0.59525 \times 10^{-1}, A_6 = -0.70445 \times 10^{-1}, A_8 = 0.15571 \times 10^{-1}, A_{10} = 0.54156 \times 10^{-2}$$

[第6面(r6)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.12482 \times 10, A_4 = -0.14933, A_6 = 0.56598 \times 10^{-1}, A_8 = -0.76101 \times 10^{-2}, A_{10} = -0.24802 \times 10^{-4}$$

[第7面(r7)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.60000 \times 10, A_4 = -0.74292 \times 10^{-1}, A_6 = 0.64193 \times 10^{-2}, A_8 = 0.15186 \times 10^{-2}, A_{10} = -0.29432 \times 10^{-3}$$

[0097]

10

20

《実施例 16》

f=7.277, FNO=4.00

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

r1*= 3.548

d1= 1.161 N1=1.58913 ν 1= 61.28(L1)

r2*= 16.802

d2= 0.593

r3= ∞ (ST)

d3= 1.343

r4*= -3.817

d4= 1.377 N2=1.53048 ν 2= 55.72(L2)

r5*= -1.576

d5= 0.447

r6*= -2.730

d6= 1.686 N3=1.58340 ν 3= 30.23(L3)

r7= -4.280

d7= 0.100

r8= -5.779

d8= 0.833 N4=1.53048 ν 4= 55.72(L4)

r9*= 5.219

d9= 0.500

r10= ∞ d10= 0.700 N5=1.51680 ν 5= 64.20(GF)r11= ∞

[0 0 9 8]

10

20

30

[第1面(r1)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.77503, A4 = 0.25359 \times 10^{-2}, A6 = 0.42096 \times 10^{-3}, A8 = 0.12178 \times 10^{-4}, A10 = 0.88312 \times 10^{-5}$$

[第2面(r2)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.16000 \times 10^2, A4 = 0.60134 \times 10^{-2}, A6 = -0.12266 \times 10^{-2}, A8 = 0.58101 \times 10^{-3}, A10 = -0.11992 \times 10^{-3}$$

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.20000 \times 10, A4 = -0.23442 \times 10^{-1}, A6 = -0.78672 \times 10^{-2}, A8 = 0.75751 \times 10^{-2}, A10 = -0.35641 \times 10^{-3}$$

10

[第5面(r5)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.26692, A4 = -0.38537 \times 10^{-2}, A6 = 0.64572 \times 10^{-3}, A8 = -0.20007 \times 10^{-3}, A10 = 0.48166 \times 10^{-3}$$

[第6面(r6)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.19644 \times 10^{-1}, A4 = -0.20508 \times 10^{-1}, A6 = 0.58512 \times 10^{-2}, A8 = -0.43953 \times 10^{-4}, A10 = -0.11200 \times 10^{-3}$$

20

[第9面(r9)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.24561 \times 10, A4 = -0.14117 \times 10^{-1}, A6 = 0.65211 \times 10^{-3}, A8 = -0.11832 \times 10^{-4}, A10 = -0.56001 \times 10^{-6}$$

[0 0 9 . 9]

《実施例 17》

 $f=7.224$, $FNO=4.00$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

 $r1*= 3.085$ $d1= 1.254$ $N1=1.48749$ $\nu 1= 70.44(L1)$ $r2*= 132.361$ $d2= 0.519$

10

 $r3= \infty(ST)$ $d3= 1.333$ $r4*= -2.840$ $d4= 1.370$ $N2=1.53048$ $\nu 2= 55.72(L2)$ $r5*= -1.406$ $d5= 0.215$ $r6*= -2.977$

20

 $d6= 1.421$ $N3=1.58340$ $\nu 3= 30.23(L3)$ $r7= -4.231$ $d7= 0.200$ $r8*= -3.893$ $d8= 0.929$ $N4=1.53048$ $\nu 4= 55.72(L4)$ $r9*= 4.977$ $d9= 0.500$

30

 $r10= \infty$ $d10= 0.700$ $N5=1.51680$ $\nu 5= 64.20(GF)$ $r11= \infty$

[0 1 0 0]

[第1面(r1)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.53903, A4 = 0.16932 \times 10^{-2}, A6 = -0.11741 \times 10^{-3}, A8 = 0.57949 \times 10^{-4}, A10 = -0.71896 \times 10^{-4}$$

[第2面(r2)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.14000 \times 10^2, A4 = 0.27334 \times 10^{-2}, A6 = -0.26419 \times 10^{-2}, A8 = -0.75325 \times 10^{-4}, A10 = 0.73080 \times 10^{-4}$$

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.20000 \times 10, A4 = -0.31677 \times 10^{-1}, A6 = -0.75942 \times 10^{-2}, A8 = 0.91685 \times 10^{-2}, A10 = 0.41558 \times 10^{-3}$$

10

[第5面(r5)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.24552, A4 = -0.52179 \times 10^{-2}, A6 = 0.25889 \times 10^{-2}, A8 = 0.68847 \times 10^{-4}, A10 = 0.47898 \times 10^{-3}$$

[第6面(r6)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.40102 \times 10^{-1}, A4 = -0.18898 \times 10^{-1}, A6 = 0.54964 \times 10^{-2}, A8 = 0.32997 \times 10^{-3}, A10 = -0.26481 \times 10^{-3}$$

20

[第8面(r8)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = 0.48378 \times 10^{-3}, A6 = 0.60634 \times 10^{-3}, A8 = 0.19793 \times 10^{-4}, A10 = -0.16558 \times 10^{-5}$$

[第9面(r9)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.60000 \times 10, A4 = -0.16306 \times 10^{-1}, A6 = 0.98140 \times 10^{-3}, A8 = -0.41108 \times 10^{-4}, A10 = 0.65479 \times 10^{-6}$$

30

[0 1 0 1]

《実施例 18》

f=7.223, FNO=3.20

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

r1*= 3.658

d1= 1.456 N1=1.48749 ν 1= 70.44(L1)

r2*= 73.204

d2= 0.709

10

r3= ∞ (ST)

d3= 1.347

r4*= -3.303

d4= 1.559 N2=1.53048 ν 2= 55.72(L2)

r5*= -1.519

d5= 0.100

r6*= -5.135

20

d6= 1.559 N3=1.58340 ν 3= 30.23(L3)

r7= -8.750

d7= 0.200

r8*= -7.043

d8= 1.264 N4=1.53048 ν 4= 55.72(L4)

r9*= 3.768

d9= 0.500

30

r10= ∞ d10= 0.700 N5=1.51680 ν 5= 64.20(GF)r11= ∞

[0 1 0 2]

[第1面(r1)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.71501, A4 = 0.28518 \times 10^{-2}, A6 = -0.17675 \times 10^{-3}, A8 = 0.14775 \times 10^{-3}, A10 = -0.18376 \times 10^{-4}$$

[第2面(r2)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.16000 \times 10^2, A4 = 0.63737 \times 10^{-2}, A6 = -0.12019 \times 10^{-2}, A8 = 0.11025 \times 10^{-3}, A10 = -0.14631 \times 10^{-4}$$

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.17392 \times 10, A4 = -0.19887 \times 10^{-1}, A6 = -0.18654 \times 10^{-1}, A8 = 0.10823 \times 10^{-1}, A10 = -0.98268 \times 10^{-3}$$

10

[第5面(r5)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.25841, A4 = -0.41793 \times 10^{-3}, A6 = -0.20223 \times 10^{-3}, A8 = -0.33463 \times 10^{-3}, A10 = 0.23695 \times 10^{-3}$$

[第6面(r6)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.00000, A4 = -0.14443 \times 10^{-1}, A6 = 0.39292 \times 10^{-2}, A8 = -0.46118 \times 10^{-4}, A10 = -0.77163 \times 10^{-4}$$

20

[第8面(r8)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A4 = 0.39723 \times 10^{-3}, A6 = 0.28397 \times 10^{-3}, A8 = 0.18192 \times 10^{-5}, A10 = -0.45178 \times 10^{-6}$$

[第9面(r9)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.55782 \times 10, A4 = -0.11687 \times 10^{-1}, A6 = 0.76776 \times 10^{-3}, A8 = -0.49279 \times 10^{-4}, A10 = 0.13179 \times 10^{-5}$$

30

[0 1 0 3]

《実施例 19》

f=5.457, FNO=3.20

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

r1*= 3.253

d1= 1.288 N1=1.48749 ν 1= 70.44(L1)

r2*= -86.056

d2= 0.579

r3= ∞ (ST)

d3= 1.036

r4*= -2.672

d4= 1.199 N2=1.53048 ν 2= 55.72(L2)

r5*= -1.179

d5= 0.100

r6*= -4.423

d6= 1.022 N3=1.58340 ν 3= 30.23(L3)

r7= -7.099

d7= 0.200

r8*= -6.526

d8= 0.956 N4=1.53048 ν 4= 55.72(L4)

r9*= 2.573

d9= 0.500

r10= ∞ d10= 0.500 N5=1.51680 ν 5= 64.20(GF)r11= ∞

[0 1 0 4]

10

20

30

[第1面(r1)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.61954, A_4 = 0.60178 \times 10^{-2}, A_6 = -0.12105 \times 10^{-2}, A_8 = 0.86233 \times 10^{-3}, A_{10} = -0.15712 \times 10^{-3}$$

[第2面(r2)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.14000 \times 10^2, A_4 = 0.15001 \times 10^{-1}, A_6 = -0.53033 \times 10^{-2}, A_8 = 0.12331 \times 10^{-2}, A_{10} = -0.29962 \times 10^{-3}$$

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.11867 \times 10, A_4 = -0.37808 \times 10^{-1}, A_6 = -0.76004 \times 10^{-1}, A_8 = 0.79954 \times 10^{-1}, A_{10} = -0.14867 \times 10^{-1}$$

[第5面(r5)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.25855, A_4 = 0.51279 \times 10^{-3}, A_6 = -0.23878 \times 10^{-2}, A_8 = -0.21119 \times 10^{-2}, A_{10} = 0.31651 \times 10^{-2}$$

[第6面(r6)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.69924, A_4 = -0.37699 \times 10^{-1}, A_6 = 0.16425 \times 10^{-1}, A_8 = -0.53665 \times 10^{-3}, A_{10} = -0.77077 \times 10^{-3}$$

[第8面(r8)の非球面データ]

$$\varepsilon = 0.10000 \times 10, A_4 = 0.22716 \times 10^{-3}, A_6 = 0.10393 \times 10^{-2}, A_8 = 0.34646 \times 10^{-5}, A_{10} = -0.42799 \times 10^{-5}$$

[第9面(r9)の非球面データ]

$$\varepsilon = -0.56964 \times 10, A_4 = -0.26810 \times 10^{-1}, A_6 = 0.32076 \times 10^{-2}, A_8 = -0.37062 \times 10^{-3}, A_{10} = 0.17192 \times 10^{-4}$$

[0 1 0 5]

[表 2]

10

20

30

	(1) (1a) (1b)
	f/Y'
実施例 4	1. 4 6
実施例 5	1. 6 9
実施例 6	1. 6 9
実施例 7	1. 6 4
実施例 8	1. 6 4
実施例 13	1. 4 7
実施例 14	1. 6 4
実施例 15	1. 6 8
実施例 16	1. 6 5
実施例 17	1. 6 4
実施例 18	1. 6 4
実施例 19	1. 6 5

10

20

【 0 1 0 6 】

【 発 明 の 効 果 】

以上説明したように本発明によれば、光学性能が良好で低コストかつコンパクトな固体撮像素子用の撮像レンズを実現することができる。そして、本発明に係る撮像レンズを携帯電話搭載のカメラやデジタルカメラ等のデジタル入力機器に用いれば、当該機器の高性能化、高機能化、低コスト化及びコンパクト化に寄与することができる。

【 図 面 の 簡 単 な 説 明 】

【 図 1 】 第 1 の 実 施 の 形 態 (実 施 例 1) の レ ン ズ 構 成 図。

【 図 2 】 第 2 の 実 施 の 形 態 (実 施 例 2) の レ ン ズ 構 成 図。

【 図 3 】 第 3 の 実 施 の 形 態 (実 施 例 3) の レ ン ズ 構 成 図。

【 図 4 】 第 4 の 実 施 の 形 態 (実 施 例 4) の レ ン ズ 構 成 図。

【 図 5 】 第 5 の 実 施 の 形 態 (実 施 例 5) の レ ン ズ 構 成 図。

【 図 6 】 第 6 の 実 施 の 形 態 (実 施 例 6) の レ ン ズ 構 成 図。

【 図 7 】 第 7 の 実 施 の 形 態 (実 施 例 7) の レ ン ズ 構 成 図。

【 図 8 】 第 8 の 実 施 の 形 態 (実 施 例 8) の レ ン ズ 構 成 図。

【 図 9 】 第 9 の 実 施 の 形 態 (実 施 例 9) の レ ン ズ 構 成 図。

【 図 1 0 】 第 1 0 の 実 施 の 形 態 (実 施 例 1 0) の レ ン ズ 構 成 図。

【 図 1 1 】 第 1 1 の 実 施 の 形 態 (実 施 例 1 1) の レ ン ズ 構 成 図。

【 図 1 2 】 第 1 2 の 実 施 の 形 態 (実 施 例 1 2) の レ ン ズ 構 成 図。

【 図 1 3 】 実 施 例 1 の 収 差 図。

【 図 1 4 】 実 施 例 2 の 収 差 図。

【 図 1 5 】 実 施 例 3 の 収 差 図。

【 図 1 6 】 実 施 例 4 の 収 差 図。

【 図 1 7 】 実 施 例 5 の 収 差 図。

【 図 1 8 】 実 施 例 6 の 収 差 図。

【 図 1 9 】 実 施 例 7 の 収 差 図。

【 図 2 0 】 実 施 例 8 の 収 差 図。

30

40

50

【図 21】 実施例 9 の収差図。

【図 22】 実施例 10 の収差図。

【図 23】 実施例 11 の収差図。

【図 24】 実施例 12 の収差図。

【図 25】 第 13 の実施の形態 (実施例 13) のレンズ構成図。

【図 26】 第 14 の実施の形態 (実施例 14) のレンズ構成図。

【図 27】 第 15 の実施の形態 (実施例 15) のレンズ構成図。

【図 28】 実施例 13 の収差図。

【図 29】 実施例 14 の収差図。

【図 30】 実施例 15 の収差図。

【図 31】 第 16 の実施の形態 (実施例 16) のレンズ構成図。

【図 32】 第 17 の実施の形態 (実施例 17) のレンズ構成図。

【図 33】 第 18 の実施の形態 (実施例 18) のレンズ構成図。

【図 34】 第 19 の実施の形態 (実施例 19) のレンズ構成図。

【図 35】 実施例 16 の収差図。

【図 36】 実施例 17 の収差図。

【図 37】 実施例 18 の収差図。

【図 38】 実施例 19 の収差図。

【符号の説明】

L1 … 第 1 レンズ

ST … 開口絞り

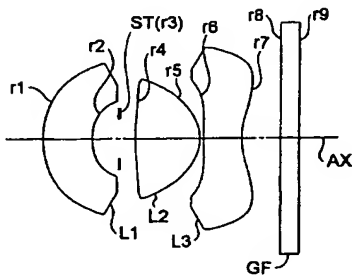
L2 … 第 2 レンズ

L3 … 第 3 レンズ

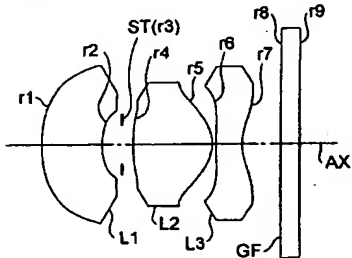
GF … ガラスフィルター

AX … 光軸

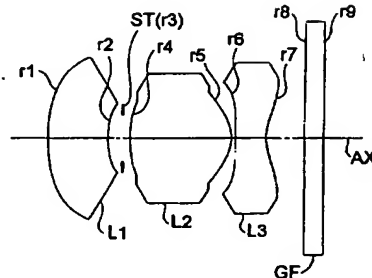
【図 1】



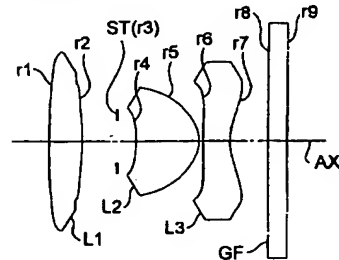
【図 2】



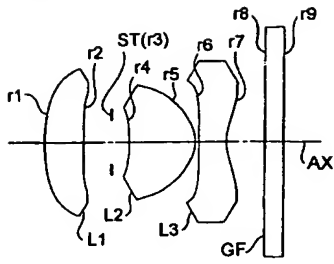
【図 3】



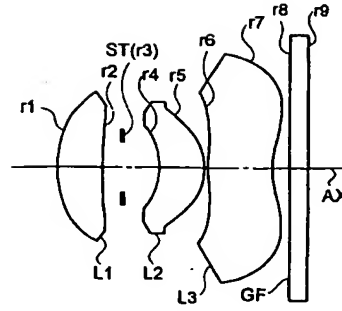
【図 4】



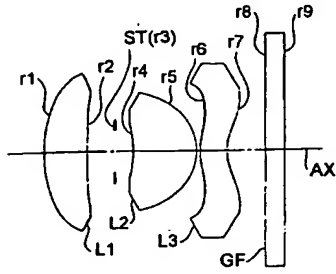
【図 5】



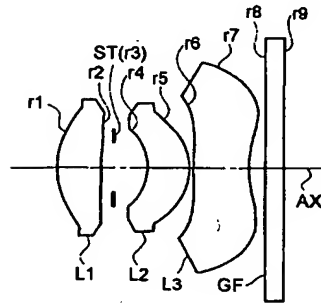
【図 7】



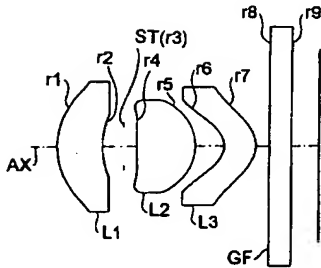
【図 6】



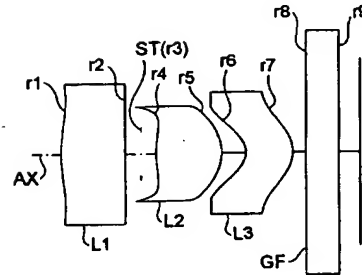
【図 8】



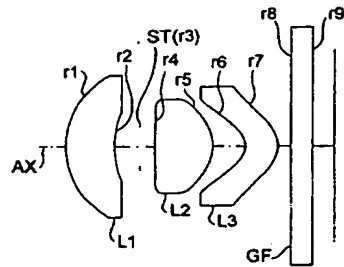
【図 9】



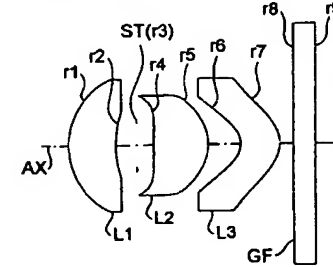
【図 11】



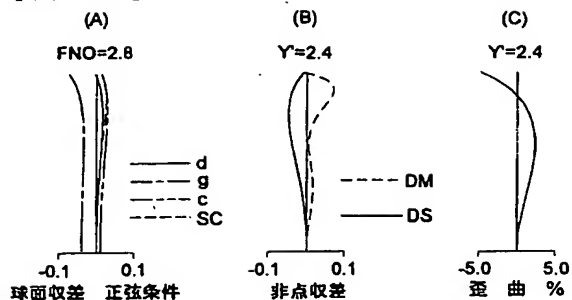
【図 10】



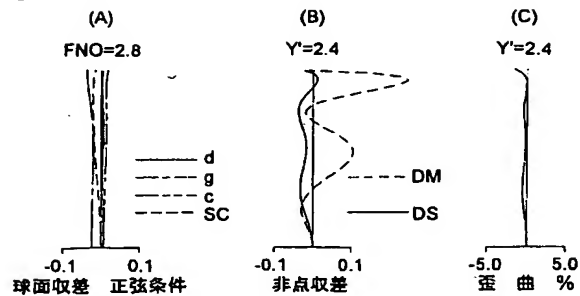
【図 12】



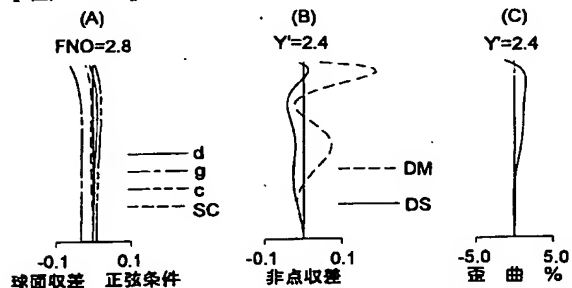
【図 13】



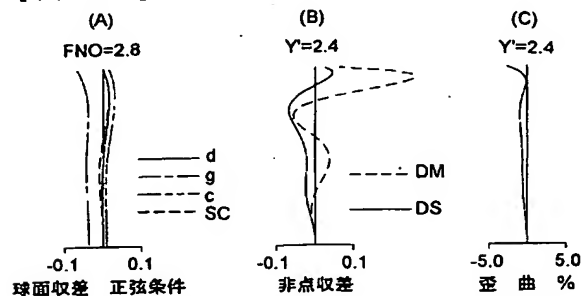
【図 15】



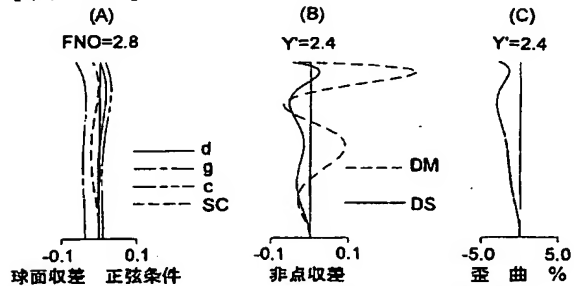
【図 14】



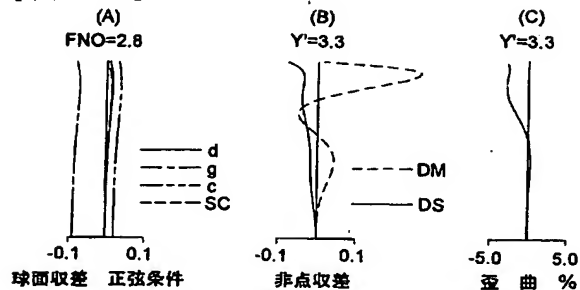
【図 16】



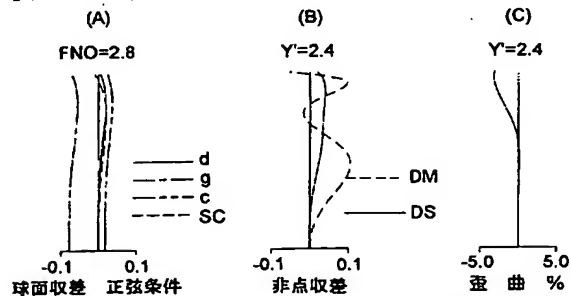
【図 17】



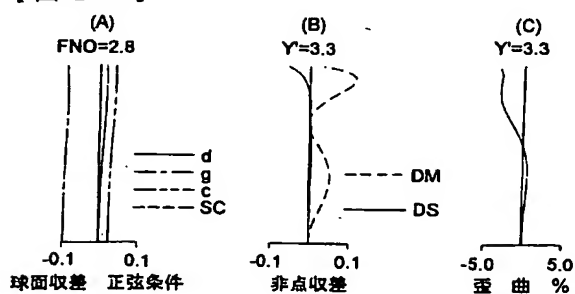
【図 19】



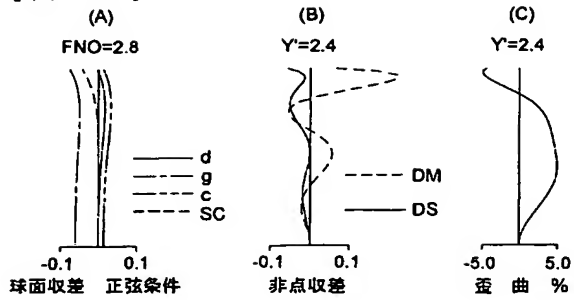
【図 18】



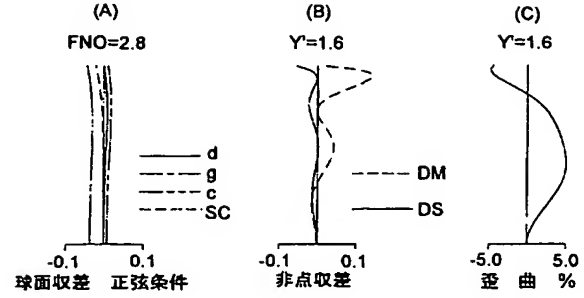
【図 20】



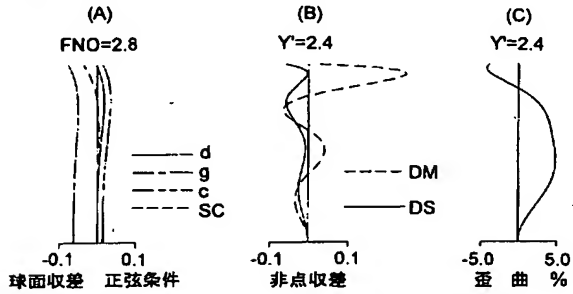
【図 2 1】



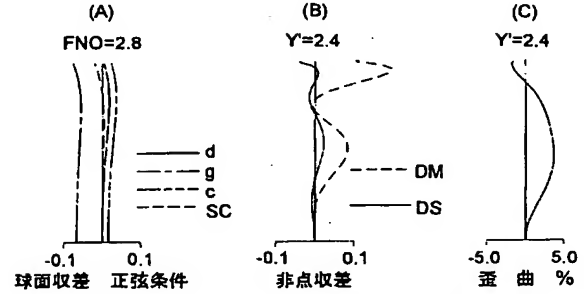
【図 2 3】



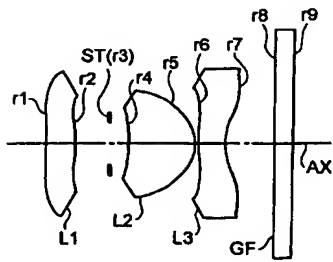
【図 2 2】



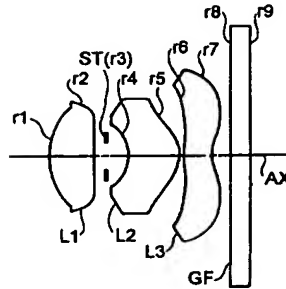
【図 2 4】



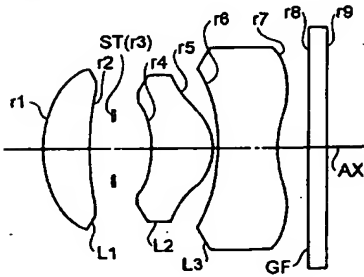
【図 2 5】



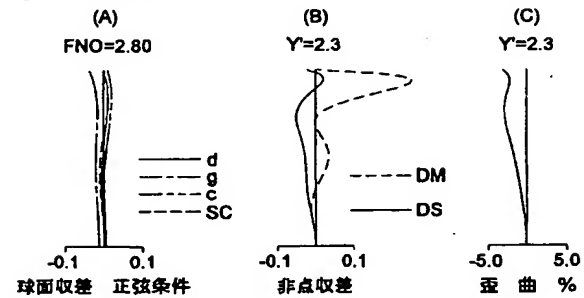
【図 2 7】



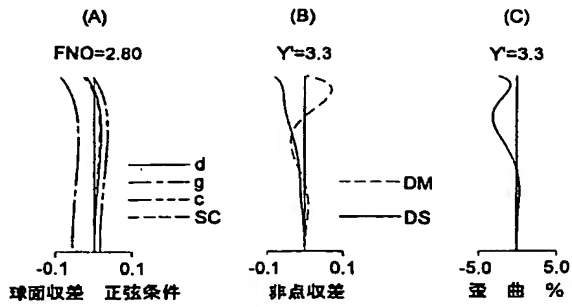
【図 2 6】



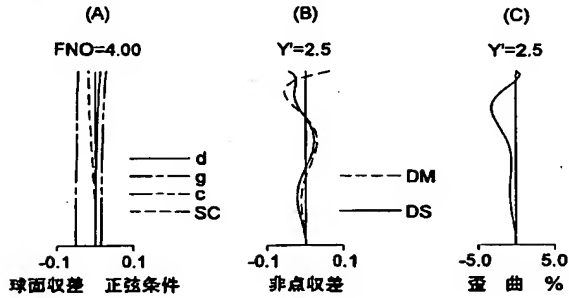
【図 2 8】



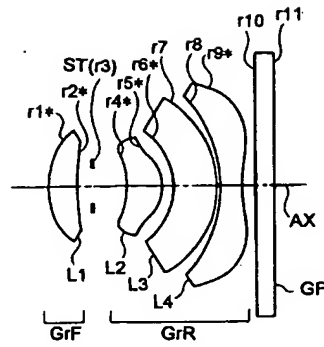
【図 29】



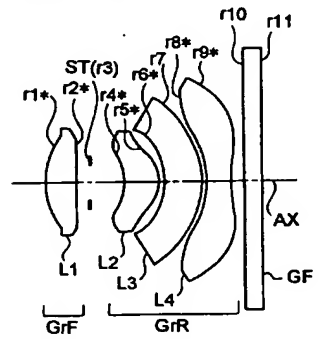
【図 30】



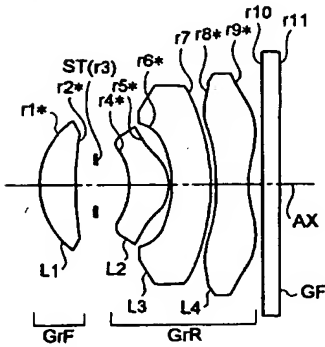
【図 31】



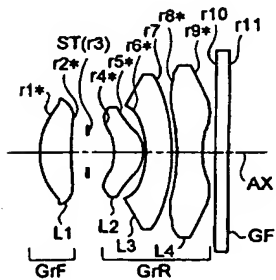
【図 32】



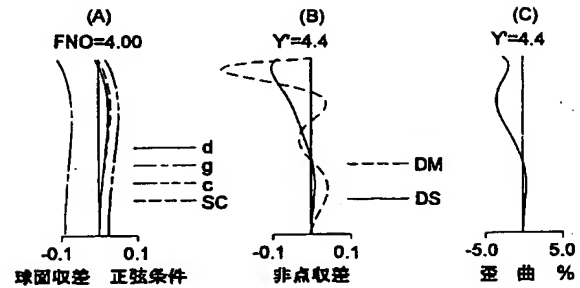
【図 33】



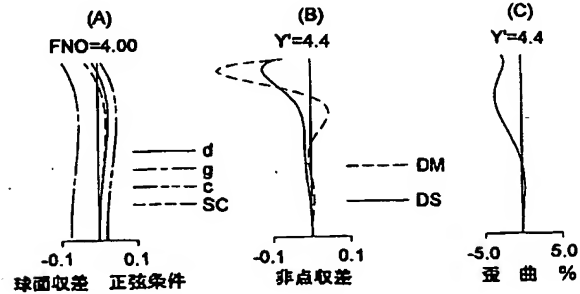
【図 34】



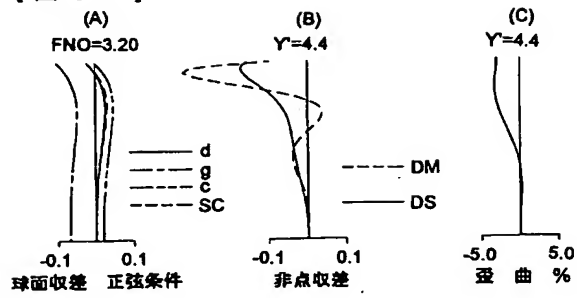
【図 35】



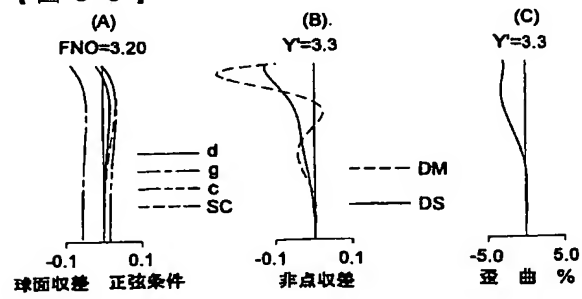
【図 36】



【 図 3 7 】



【 図 3 8 】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2H087 KA03 PA03 PA04 PA17 PB03 PB04 QA02 QA06 QA07 QA12
QA14 QA17 QA21 QA25 QA37 QA39 QA41 QA42 QA45 QA46
RA05 RA12 RA13 RA32 RA37 RA42 UA01